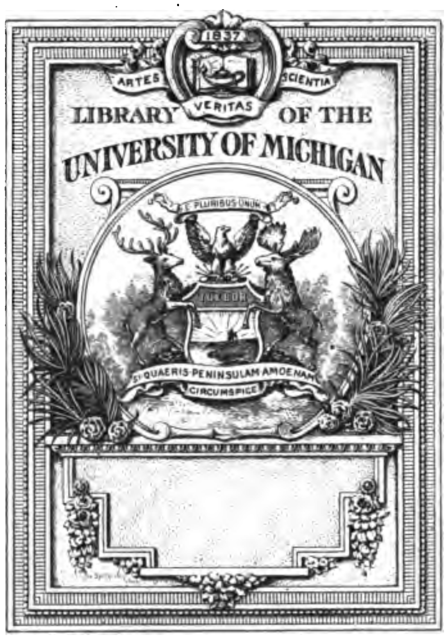

1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les Annales des Mines sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des Annales des Mines pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des* Annales des Mines, rue Bonaparte, n° 1, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des Annales des Mines a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris; de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT;

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME VI.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vor DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Vor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

1864

ANNALES
DES MINES.

NOTICE

SUR LE TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE DES MINERAIS À FREIBERG.

Par M. Ad. CARNOT, ingénieur des mines.

INTRODUCTION.

Les usines de Freiberg, où se traitent tous les minerais argentifères, plombeux et cuivreux, exploités dans le royaume de Saxe, jouissent d'une ancienne et juste réputation. Elles ne profitent pas seulement de l'éclat jeté sur leur nom par la célèbre académie de Freiberg, où se sont formés nombre de savants et d'ingénieurs éminents, mais elles lui doivent en outre une impulsion scientifique très-salutaire. Elles méritent d'être comptées parmi les usines où la science métallurgique a fait le plus de progrès.

Ce n'est point le seul éloge qu'on en puisse faire : elles sont dirigées avec une remarquable sagesse, et échappent ainsi au reproche de témérité aussi bien qu'à celui de routine.

Il se fait, à la vérité, beaucoup d'expériences nouvelles pour perfectionner les méthodes de traitement ; mais ce n'est qu'après une épreuve prolongée et tout à fait concluante, que l'on se décide à les reproduire sur une plus grande échelle et à modifier le travail courant.

Visitées chaque année par un grand nombre d'ingénieur

allemands ou étrangers, les usines de Freiberg ont cependant été très-rarement l'objet de leurs descriptions.

Au commencement du siècle, Héron de Villefosse donna, dans son grand traité *De la richesse minérale*, un exposé du traitement alors en usage. Ce traitement, différent à bien des égards de celui d'aujourd'hui, se divisait en deux parties tout à fait distinctes, dont l'une seulement s'est conservée jusqu'à nos jours ; celle-ci, caractérisée par les grillages et fusions, s'appliquait aux minerais plombeux et cuivreux plus ou moins argentifères ; l'autre était la méthode d'amalgamation, à laquelle s'est attaché le nom d'*amalgamation saxonne*. On y soumettait les minerais d'argent à gangue terreuse ou pyriteuse, comprenant les deux tiers environ de la totalité des minerais reçus par les usines. L'accroissement de la proportion de minerai plombeux et l'abaissement du prix des combutibles ont déterminé l'entier abandon de ce travail.

Après l'ouvrage de Héron de Villefosse, nous possédons deux notices sur les usines de Freiberg, publiées dans les *Annales des mines*, l'une en 1827 par M. Perdonnet, ayant pour principal objet de faire connaître les résultats de la substitution du coke au charbon de bois, l'autre en 1840 par M. Lechatelier, particulièrement relative aux essais sur l'emploi de l'air chaud. — Vers le même temps, en 1837, paraissait en Allemagne une description complète, par M. Alexandre Winkler, des procédés métallurgiques de Freiberg.

Depuis cette époque, il n'a été publié aucun travail nouveau sur l'ensemble du traitement ; et pourtant cette dernière période a été signalée par des transformations fort importantes :

L'abandon du procédé d'amalgamation (1857-1858), coïncidant avec la création d'une fabrique d'acide sulfurique, et l'essai d'une installation d'usine à zinc ;

La substitution des fours à réverbère aux fours à cuve pour la fonte des minerais pauvres et des scories plombeuses;

L'introduction du procédé de cristallisation ou *pattinsonage* du plomb d'œuvre (1857-1859);

La disparition de l'ancienne désargentation par liquation du cuivre noir, remplacée par la méthode Ziervogel ou chloruration des mattes cuivreuses argentifères (1849);

Enfin l'adoption plus récente d'un autre procédé, consistant dans l'extraction du cuivre par l'acide sulfurique après grillage des mattes (1859-1861).

Cette série de perfectionnements, et plus récemment encore (été de 1862) l'ouverture du chemin de fer de Freiberg à Tharandt, en diminuant les frais du traitement, ont permis l'admission de minerais de plus en plus pauvres, fait capital pour les mines de la contrée et pour toute la population qui est directement intéressée à leur existence.

Dans cette notice, je me proposerai d'exposer, dans ses parties essentielles, le traitement actuel des minerais à Freiberg, et, sans faire avec détail l'histoire des modifications qu'il a subies depuis quelques années, de préciser du moins autant que possible leur nature et leur influence.

Je pourrai en outre faire connaître les résultats économiques des diverses opérations, grâce à la faculté qui m'a été donnée de consulter les livres des usines.

A cette occasion, qu'il me soit permis de remercier M. Reich, inspecteur de l'académie, M. Ihle, directeur général des usines, et M. le professeur Fritzsche, pour la bienveillance avec laquelle ils m'ont accueilli et ont facilité ma tâche pendant le séjour que j'ai fait à Freiberg, au mois d'août 1863.

Je dois à M. Reich, un grand nombre de résultats d'analyses, qui ont été faites ou par lui-même ou sous ses yeux au laboratoire de l'académie, et qui méritent à ce titre une grande confiance. D'utiles indications m'ont été fournies par deux ouvrages du regrettable professeur Plattner : la *Théorie*

des procédés de grillage, et les *Leçons de métallurgie générale.* J'ai emprunté une partie des dessins aux planches les plus récemment gravées à Freiberg par les soins de l'administration. En indiquant enfin les *Annales de Freiberg* pour la statistique relative à des années antérieures, j'aurai achevé l'énumération des sources où j'ai puisé quelques renseignements en dehors de mes observations personnelles.

GÉNÉRALITÉS.

Situation des usines. — Les usines de Freiberg sont au nombre de deux, et portent les noms d'usine de la Mulde et usine de Halsbrücke ; elles sont situées l'une à 2 1/2, l'autre à 4 kilomètres de la ville, sur le bord de la petite rivière appelée la *Mulde*, à laquelle elles empruntent une partie de la force nécessaire pour faire marcher leurs souffleries et leurs bocards. Leurs bâtiments sont étagés sur la pente rapide des rives et protégés par elles contre les vents dominants de l'ouest et du sud-ouest.

Les deux usines sont d'importance fort inégale : l'une emploie environ 500 ouvriers, l'autre 275 seulement; pareille proportion se trouve dans le nombre de leurs appareils et la quantité de produits qu'elles fournissent annuellement.

L'usine de la Mulde est la plus considérable, elle s'est accrue peu à peu et bien au delà des prévisions que l'on avait formées; il a donc fallu, à plusieurs reprises, créer de nouveaux bâtiments et de nouveaux appareils en dehors des constructions déjà existantes, en sorte qu'aujourd'hui le plan de l'usine ne présente pas l'ordre désirable, et qu'un même travail se fait à la fois en plusieurs lieux assez éloignés les uns des autres. Cependant il est à remarquer que les appareils ont toujours été échelonnés avec régularité sur la côte, et que les produits n'ont qu'à descendre pour passer d'une opération à la suivante : les stalles et les fours

de grillage sont plus bas que les magasins où l'on garde et où l'on mélange les minerais après le pesage ; les fours de fusion sont plus bas encore ; les transports sont donc faciles et se font par des chemins de fer à pente douce posés soit sur le sol, soit sur des passerelles en bois lorsqu'il s'agit d'atteindre un niveau élevé comme les trémies de chargement ou les gueulards des fours. Les fumées, celles du moins qui sont recueillies, suivent une route inverse et s'élèvent par des galeries souterraines jusqu'aux chambres de condensation et à la cheminée principale, situées à la partie supérieure de l'usine. De ce même côté, l'usine a pour limite le chemin de fer de Dresde et Tharandt à Freiberg, par lequel les charbons du bassin houiller de Potschappel lui arrivent à peu de frais. Une station a été établie au sommet même de l'usine, et de là un plan incliné automoteur amène la houille et le coke aux différents niveaux où ils doivent être employés. Quant aux minerais, ils viennent par charrois sur l'autre rive de la Mulde, entrent dans l'usine par sa partie la plus basse, et doivent être remontés par la force des chevaux jusqu'au lieu du pesage.

L'usine de Halsbrücke reçoit minerais et combustibles par charrois arrivant à sa partie supérieure. L'étagement des appareils y est le même que dans l'autre usine, mais ils sont réunis par groupes plus homogènes.

Les deux usines font absolument le même travail pour l'extraction du plomb et de l'argent ; mais le traitement de tous les produits cuivreux a été réservé à celle de Halsbrücke. De son côté celle de la Mulde est en possession d'une fabrique d'acide sulfurique ; elle est également chargée de quelques opérations spéciales, telles que la concentration du nickel et du cobalt dans les speiss, la sublimation des fumées arsenicales, enfin l'extraction du bismuth et de l'or contenus en très-petite quantité dans les minerais.

Je n'ai pas dessein de parler ici de ces dernières opérations qui ne reviennent qu'à de rares intervalles, ni de la fabrication de l'acide sulfurique, qui ne fait pas partie essentielle du traitement métallurgique de Freiberg. — Je décrirai la série des travaux qui s'exécutent dans l'une ou l'autre usine jusqu'à la production des mattes cuivreuses, en prenant pour type l'usine de la Mulde, et signalant à l'occasion les différences de détail qui se pourront rencontrer entre elle et l'usine de Halsbrücke. Je parlerai ensuite de l'extraction du cuivre dans cette dernière; mais, les conditions économiques étant différentes dans les deux localités, je crois devoir, pour donner plus d'unité à ce travail, rapporter jusqu'à la fin toutes les données à une seule et même usine, celle de la Mulde, malgré l'écart que cette hypothèse présentera avec la réalité.

Données économiques. — Il ne sera peut-être pas inutile de donner dès l'abord une idée de la valeur des principaux objets de dépense, pour faire juger des conditions où se trouvent aujourd'hui les usines de Freiberg.

Les prix des minerais sont réglés par un tarif dont je vais présenter tout à l'heure un aperçu.

Le combustible principalement employé est le combustible minéral, il est fourni par le bassin houiller de Potschappel situé sur la route de Dresde, à 7 kilomètres de cette ville et 34 kilomètres de Freiberg. La houille de ce bassin est feuilletée et mélangée de schiste; on en reçoit aux usines de Freiberg deux qualités différentes : l'une, nommée houille tendre (*weiche Schieferkohle*), contenant en moyenne avec 6 p. 100 d'eau 19 p. 100 de son poids de cendres, et pesant au mètre cube 745 kilogrammes; l'autre, dite houille dure (*harte Schieferkohle*), renfermant, avec la même quantité d'eau, 27 p. 100 de cendres, et pesant 770 kilogrammes.

Le prix du combustible minéral a considérablement baissé depuis quelques années. En 1862, le prix de la

houille rendue à l'usine de la Mulde a été de 15f,15 par tonne pour la première qualité, et 12f,65 pour la seconde (*).

Le coke est fabriqué sur les mines mêmes; il est assez dense et solide, mais impur; il coûte à l'usine 24 francs la tonne.

L'usine de Halsbrücke est dans de moins bonnes conditions à cet égard : le combustible doit être conduit par le chemin de fer jusqu'à Freiberg, et mené de là par charrois à l'usine; il y coûte environ 7 francs de plus par tonne qu'à l'usine de la Mulde.

Les autres combustibles sont : le bois des forêts de l'État, revenant à 8f,22 le mètre cube; le charbon de bois à 14f,90 le mètre cube; le lignite à 15f,54 la tonne; enfin la tourbe venant de 10 kilomètres environ au sud de Freiberg, et coûtant 3f,60 le mètre cube.

On emploie deux fondants provenant des mines métalliques voisines, le spath fluor et la baryte sulfatée, qui se payent à l'usine l'un 17f,70, l'autre 6f,20 la tonne.

Pour la construction des fours et des bâtiments, on trouve à peu de distance de bonnes pierres de gneiss; on se sert aussi, dans quelques occasions, de blocs réguliers fabriqués avec des scories acides. — On ne se procure pas facilement une argile de bonne qualité, et les briques réfractaires sont à un prix élevé.

Les ouvriers spéciaux sont ordinairement payés à raison de 1f,50 par poste de 8 heures; les manœuvres à la journée reçoivent 1f,20 pour le même temps, mais les uns et les autres font souvent des postes plus longs. Une partie des travaux est donnée à l'entreprise, et les prix en sont calculés de telle sorte, que les salaires des ouvriers de pre-

(*) On emploie souvent dans les usines un mélange de charbons des deux qualités; je n'indiquerai pas leurs proportions, mais il sera facile de les trouver, s'il en est besoin, connaissant la quantité totale, le prix total et la valeur par tonne de chaque combustible.

mière et de deuxième classe restent à peu près dans les mêmes limites.

Achat des minerais. — Règles de l'achat. — La réception des minerais par les deux usines royales se fait conformément à des règles déterminées à l'avance et officiellement publiées par l'administration (*). Je ferai connaître ici les principales.

Les minerais sont apportés jusqu'à l'usine aux frais des propriétaires de mines. Ils doivent satisfaire aux conditions suivantes :

Être assez secs pour se prêter commodément et au pesage et à la prise d'essai; être mélangés avec soin; enfin présenter un grain suffisamment fin pour qu'il n'en reste pas plus de 15 p. 100 sur un crible présentant 100 mailles au centimètre quarré. Cependant certains minerais (les Dürrerze) qu'on livre bocardés à sec, peuvent être à l'état de grains plus grossiers lorsque leur teneur en argent est au-dessous de 100 grammes aux 100 kilogrammes; ils peuvent même être quelquefois livrés en morceaux.

Lorsqu'un directeur de mines se propose de faire une vente de minerai, il en avertit le préposé des usines (Oberhüttenvorsteher). Celui-ci désigne aussitôt celle des usines à laquelle l'envoi doit être adressé; il cherche en cela à rendre le transport le moins onéreux possible à la mine, mais dans les limites toutefois qu'autorisent les besoins des usines. Le vendeur doit livrer avec le minerai l'indication écrite de sa teneur, résultat d'un premier essai fait au laboratoire des mines. Il doit assister en personne ou avoir un représentant à la pesée du minerai, et porter ensuite la prise d'essai au bureau des mines qui se trouve à Freiberg.

La pesée se fait en versant le minerai à la pelle dans le

(*) *Regulatif für den Einkauf sächsischer Erze bei den Werken der Königl. General schmelz administration.* Freiberg, 2 avril 1863.

plateau de la balance, jusqu'à ce qu'il équilibre un poids de 100 kilogrammes. On pousse l'approximation plus ou moins loin selon la teneur du minerai :

à 5 kil. pour une teneur de 10 à 500 gr. d'argent aux 100 kil.
$0^k,5$ — 500 à 5.000 idem.
$0^k,05$ — 5.000 à 50.000 idem.
$0^k,01$ pour les teneurs plus fortes.

On s'arrête à 5 kilogrammes pour les minerais de plomb ou de cuivre non argentifères.

Afin que les prises d'essai soient plus régulières, on sépare le minerai à livrer en lots dont le poids ne dépasse pas 2.500 kilogrammes, lorsqu'il tient 55 grammes d'argent ou davantage. Les lots peuvent aller à 10 tonnes pour une teneur de 40 à 50 grammes, et à 20 tonnes de 20 à 35 grammes, si toutefois il n'y a pas dans le minerai plus de 30 p. 100 de plomb ou de 5 p. 100 de cuivre.

Chaque fois que 100 kilogrammes sont pesés sur la balance, on en prend au milieu du tas, au moyen d'une feuille de tôle pliée en forme de demi-cylindre, une petite quantité (125 à 250 grammes), et on la répartit entre deux augets voisins que nous nommerons *a* et *b*. Le premier *a* fournit tout d'abord une prise d'essai pour la détermination de l'eau contenue, puis deux prises pour l'essayeur de l'usine (*Hüttenwardein*) et l'essayeur des mines (*Bergwardein*). Le second *b* est réservé pour un essai décisif (fait par le *Schiedswardein*) en cas de désaccord entre les deux premiers.

Dès que la pesée est terminée, on prélève en différents points de l'auget *a* la prise d'essai pour l'usine, puis on lui fait subir la préparation suivante : on la chauffe à 100° centigrades sur une feuille de tôle pour la bien sécher, puis on l'écrase dans un mortier de fer jusqu'à ce que la totalité puisse passer au travers d'un crible fin ; lorsqu'il y a de l'argent natif ou sulfuré, ces minéraux restent [illegible]

ment en partie sur le crible; on les broie de nouveau, mélangés avec du minerai qui a déjà traversé le crible, jusqu'à ce que la totalité ait passé. On mêle alors avec soin dans le mortier, on jette deux fois sur un crible à mailles plus grosses, et on verse enfin dans un petit auget qui doit être porté au laboratoire de l'usine. Quand on a terminé les livraisons de la journée, le chef de pesée, en présence du représentant de chaque mine, prélève dans les augets *a* des prises d'essai qu'il enferme sans autre préparation dans des boîtes spéciales destinées à l'essayeur des mines; il y joint le numéro d'ordre de la pesée, le nom de la mine, le poids du minerai sec et sa qualité, enfin la teneur approximative trouvée lors de l'essai fait avant la livraison.—Cette seconde prise d'essai doit être préparée dans le laboratoire des mines, comme l'a été la première à l'usine, afin que les résultats des analyses soient bien comparables.

Essais. — Les essais quantitatifs se font pour argent, or, plomb et cuivre, suivant les méthodes par voie sèche connues de tous les ingénieurs; il n'y a pas lieu d'y insister ici.

Les teneurs s'expriment par nombres croissants :

Pour l'argent,	de 5 en 5 gr.	quand elles sont inférieures à 250 gr. aux 100 kil.
	de 10 en 10 gr.	jusqu'à 2.000 gr.
	de 20 en 20 gr.	au delà.
Pour l'or,	de $0^{g},5$ en $0^{g},5$.	
Pour le plomb,	de 5 en 5 kil.	
Pour le cuivre,	de 1 en 1 kil. (*).	

Le même minerai est soumis à des essais d'autant plus répétés qu'il est plus riche; on n'en fait qu'un seul ou rare-

(*) L'unité de poids adoptée pour les essais s'appelle le centner d'essai (*probircentner*) : il équivaut à $3^{gr},75$: on le partage en 100 livres (*pfund*) et la livre en 100 parties (*pfundtheil*). L'unité de poids pour les pesées est le *centner* (50 kilog.) divisé en 100 livres.

ment deux sur les minerais de plomb ou de cuivre ; pour l'argent on fait deux essais quand la teneur est comprise entre 10 et 400 grammes,

trois, lorsqu'elle est de 400 à 800 gr.
quatre, — de 800 à 1.500
six, — de 1.500 à 3.000
huit, au delà de 3.000 gr.

Le lundi qui suit la fin de la quinzaine, les deux essayeurs des mines et de l'usine doivent remettre au *bureau d'expédition* à Freiberg la note des résultats trouvés par eux. Si les divergences atteignent 10 grammes d'argent, 1 gramme d'or, 5 kilogrammes de plomb, ou 1 kilogramme de cuivre aux 100 kilogrammes, elles sont inscrites à part et avis en est donné à l'essayeur arbitre (*Schiedswardein*), lequel commence aussitôt et d'office l'essai décisif sur le minerai de l'auget *b*. On peut également avoir recours à cette troisième épreuve, lorsque les deux premières s'écartent beaucoup des résultats trouvés dans les essais faits ou du côté de la mine avant la livraison, ou du côté de l'usine sur le tas de minerai livré, et n'inspirent pas assez de confiance.

Un laboratoire spécial, installé dans l'usine, est affecté aux essais du *Schiedswardein;* les résultats en sont consignés sur les livres de l'essayeur des mines, et sont mis du vendredi jusqu'au samedi à midi à la portée des intéressés dans le bureau d'expédition. Les préposés de l'usine, et ceux de la mine, étant avertis aussitôt, peuvent, pendant cet intervalle de 24 heures, demander que les opérations de pesée et de prise d'essai soient recommencées. Droit leur en est acquis, soit que l'essai décisif d'une part, et de l'autre les essais faits avant ou après la livraison, présentent des divergences trop grandes, soit que le résultat de l'essai fait par l'arbitre se trouve hors des limites des résultats trouvés par les essayeurs des mines et de l'usine. Mais si les opérations sont refaites sur la demande du représentant de la

mine, celui-ci doit acquitter pour chaque lot de minerai un droit de 7f,50, destiné à couvrir les frais qui en résultent.

On peut aller jusqu'à une seconde épreuve de l'essayeur arbitre, mais il faut alors se soumettre à sa décision. Si les divergences étaient encore considérables, on ne saurait les attribuer, surtout pour des minerais riches, qu'à un mélange incomplet, et l'usine serait en droit de renvoyer le lot de minerai en litige à une nouvelle préparation.

L'administration des usines entre en possession définitive du minerai, dès que toute contestation est devenue impossible en vertu des règles établies plus haut, et dans la quinzaine qui suit la livraison se fait le règlement des comptes entre les mines et la régie.

Tarifs. — Dans la détermination des tarifs on a pris comme bases en 1863 :

1° Pour le plomb, un prix *normal* de 37f,50 par quintal métrique de métal contenu dans les produits plombeux vendus ;

2° Pour le cuivre, un prix *normal* de 240 francs par quintal métrique contenu dans le cuivre noir, et de 262f,50 par quintal dans le sulfate de cuivre. (Le chiffre avait été de 266f,25 en 1862.)

Le prix de vente réel pourra bien n'être pas identique au prix normal ; dans ce cas, selon que la somme retirée de la vente des produits plombeux par exemple, dans tout le courant d'une année, se trouvera au-dessus ou au-dessous de la somme calculée qu'on en aurait obtenue si la vente s'était faite au prix normal, la moitié de la différence sera répartie entre les mines à titre de *prime*, ou au contraire acquittée par elles à titre de *restitution*, et cela pour chacune en proportion de la quantité de plomb qu'elle aura fournie dans le cours de l'année. Même règle pour le cuivre vendu, soit à l'état de cuivre brut, soit à l'état de vitriol. La restitution se fait sous forme de retenue sur le payement des livraisons suivantes.

C'est de 1857 que date l'adoption régulière de cette mesure, qui fait participer les mines aux éventualités du commerce pour le cuivre et le plomb.

On a tenu compte dans les tarifs de la perte probable faite sur les métaux utiles pendant le traitement, et comme cette perte est relativement beaucoup plus grande avec des minerais pauvres qu'avec des minerais riches, il s'ensuit que le prix payé pour une même quantité de métal contenu dans un minerai, doit augmenter avec la teneur du minerai.

Voici quelques exemples de ces tarifs :

ARGENT.		PLOMB.		CUIVRE.		OR.	
Teneur aux 100 kil.	Prix d'achat pour 1 kil. d'argent contenu.	Teneur aux 100 kil.	Prix d'achat pour 100 kil. de plomb contenus.	Teneur aux 100 kil.	Prix d'achat pour 100 kil. de cuivre contenus.	Teneur aux 100 kil.	Prix d'achat pour 1 kil. d'or contenu.
gram.	fr.	kil.	fr.	kil.	fr.	gram.	fr.
10	30,00	15	6,25	1	90,00	1,0 à 3	1.875
15	43,75	20	11,25	2	100,00	3,5 à 5	2.250
20	56,25	25	16,25	3	108,75	5,5 à 10	2.625
30	75,00	30	21,25	5	123,75	10,5 à 30	3.000
50	100,00	40	24,25	10	150,00	30,5 à 100	3.150
100	132,50	50	26,75	15	162,50	100,5 à 300	3.225
200	166,00	60	28,25	20	173,75	300,5 et au delà.	3.300
500	186.25	70	29,75	30	183,75		
1.000	195,00	80	30,75	50	195,00		
4.000	210,00	85 et au delà.	31,25	70 et au delà.	202,50		

L'argent ne se paye point si la teneur est au-dessous de 10 grammes, l'or au-dessous de 1 gramme, le plomb au-dessous de 15 kilogrammes, le cuivre au-dessous de 1 kilogramme ; à ces limites même ils ne sont payés que si deux des métaux se trouvent réunis.

Les minerais d'argent, plomb ou cuivre, qui, aux termes du tarif, ne sont pas acceptables de la part des usines, peuvent se recevoir dans certains cas (sous le nom de *Zuschlagserze*), mais conditionnellement, c'est-à-dire autant

qu'ils peuvent être utilisés dans les opérations métallurgiques.

Il en est de même des minerais de nickel et de cobalt; ils ne sont achetés qu'à prix débattu et du libre consentement des usines.

Remarque (*).—La création d'une administration générale des usines en Saxe, au commencement du XVIII[e] siècle, avait eu pour but de relever dans le pays l'industrie minérale, alors très en souffrance, et pour cela de restituer aux minerais d'argent, de cuivre et de plomb, une valeur que leur faisaient perdre la mauvaise direction et le morcellement des fonderies particulières. Fidèle à ce rôle, elle s'est, depuis cette époque, toujours efforcée de venir en aide aux mines, qui avaient à supporter des charges de plus en plus lourdes par suite de l'augmentation du salaire des ouvriers et de l'approfondissement des travaux; chaque fois que des circonstances nouvelles permirent de diminuer les frais du traitement, l'administration des usines s'empressa de modifier les tarifs en élevant le prix d'achat, ou recevant des minerais plus pauvres. Elle le fit en 1765, à l'occasion d'un changement du titre des monnaies et de la valeur de l'argent; elle le fit une seconde fois en 1842, au moment de l'adoption d'un système nouveau de mesures et de monnaies, profitant de l'économie apportée dans le traitement, durant cette longue période, par les progrès de la métallurgie et par l'emploi de la houille et du coke; elle le fit encore, à des intervalles plus rapprochés, en 1849, en 1852, en 1861 et enfin en 1863; et l'on peut estimer que, dans chacune des années 1861 et 1862, les mines du district de Freiberg ont reçu environ 750.000 francs de plus

(*) Les *Annales* de Freiberg viennent de publier, cette année même, une intéressante *Comparaison des taxes établies depuis 1764 pour l'achat des minerais*, par M. C. G. Gottschalk (1864). J'en extrais les renseignements suivants.

que ne leur aurait attribué, pour la même production, le tarif de 1765, resté en vigueur jusqu'à l'année 1842 (*).

Ces modifications de tarifs ont eu pour conséquence de rendre possible l'exploitation de minerais, qu'auparavant on aurait abandonnés à cause de leur faible teneur. Ce résultat, fort heureux pour les mines, s'est traduit pour les usines par un fait de grande importance, l'accroissement dans une proportion énorme des minerais pauvres.

Si l'on considère ce qui s'est passé dans l'espace de quinze années (1844 à 1861), on voit que le nombre des ouvriers employés aux travaux des mines s'est accru dans la proportion de 100 à 150, et que la quantité d'argent livrée

(*) En 1861, on ne fit point un remaniement des taxes, mais on abaissa à 30 grammes la teneur minimum des minerais d'argent proprement dits, sans plomb ni cuivre, qui jusque-là était restée fixée à 50 grammes; en outre, et c'est là un fait capital, on décida qu'à l'avenir, et jusqu'à ce que l'ordonnance fût rapportée, la moitié du bénéfice net des usines serait partagée entre les mines, en raison du minerai que chacune aurait livré pendant l'année précédente. Cette sorte de dividende a augmenté d'environ 7 p. 100 le prix d'achat du minerai et a produit à peu près la moitié des 750.000 francs dont nous venons de parler. Le reste de cette somme doit être attribué pour 109.000 francs aux primes sur le plomb et le cuivre, et pour 264.000 francs à l'élévation des tarifs.

En 1863, après l'ouverture du chemin de fer de Tharandt à Freiberg, on recula de nouveau et jusqu'à 20 grammes la teneur minimum des minerais d'argent, et l'on rendit plus régulière l'échelle croissante des taxes, notamment en relevant celles des minerais compris entre 15 et 65 grammes.

L'époque de mon séjour à Freiberg ne m'a point permis d'avoir les renseignements statistiques postérieurs à ce dernier changement de tarifs. Ceux que contient cette notice se rapportent au 2ᵉ semestre de 1862, c'est-à-dire à une période transitoire, où les tarifs de 1861 étaient encore en vigueur et où cependant le nouveau mode de transport avait déjà changé les conditions économiques, et en particulier la valeur des combustibles.

Aussi faut-il attacher bien moins d'importance aux nombres exprimant les dépenses du traitement, qu'à ceux bien autrement stables qui indiquent les matières premières consommées et les journées d'ouvriers.

aux usines a augmenté dans une proportion presque égale, tandis que la quantité de plomb est devenue cinq fois plus grande en 1861 qu'elle n'était en 1844. Si maintenant on range les minerais en trois catégories, à savoir :

Minerais riches. . . . à plus de 250 grammes d'argent,
Minerais moyens. . . de 100 à 250 grammes,
Minerais pauvres. . . au-dessous de 100 grammes,

on trouve dans chacune des catégories (en désignant par 100 la quantité d'argent produite en 1844) les proportions suivantes d'argent pour les deux années extrêmes :

	1844	1861
Minerais riches.	52,0	42,0
Minerais moyens.	37,1	57,6
Minerais pauvres.	10,9	50,3
	100,0	150,0

On voit par là que la quantité d'argent contenue, ou plutôt taxée en vertu des tarifs, se serait réduite de 1/5e dans la première classe, tandis qu'elle aurait augmenté de 2/3 dans la seconde, et serait presque devenue quintuple dans les minerais pauvres.

L'accroissement très-considérable de la proportion relative des minerais de faible teneur a nécessairement dû introduire dans les opérations métallurgiques des différences importantes, que nous aurons lieu en effet de constater par la suite.

TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE.

Classification des minerais dans les usines.— Les minerais reçus par les usines de Freiberg sont répartis en quatre groupes, auxquels on donne les noms de *Bleierze*, *Dürrerze*, *Kupfererze* et *Zuschlagserze*.

I. Les *Bleierze* ou minerais plombeux renferment au moins 15 p. 100 de plomb; ils se divisent en deux classes selon leur teneur en métal : on les appelle *Bleiische Erze*

s'ils renferment de 15 à 30 p. 100 de plomb, et *Glanze* si leur teneur est au-dessus de 30 p. 100.

Les teneurs moyennes des dernières années ont été, pour cette dernière classe de 20 p. 100 de plomb et 80 grammes d'argent, pour la classe la plus riche de 50 p. 100 de plomb et 130 à 140 grammes d'argent, et pour le groupe des minerais plombeux tout entier de 40 p. 100 de plomb et 120 grammes d'argent.

Le minerai contient, avec la galène, un peu de pyrite cuivreuse; mais la proportion moyenne de cuivre n'atteint pas 1/2 millième. Il s'y trouve en outre des pyrites de fer, du mispickel, de la blende et des gangues terreuses, quartz, calcaire, spath brunissant, baryte sulfatée et spath fluor.

En 1862, les minerais plombeux ont formé 35,6 p. 100 de la totalité des minerais reçus à l'usine de la Mulde. Les 7/10 appartenaient à la catégorie *Glanze*.

II. Les *Dürrerze*, minerais maigres ou minerais d'argent proprement dits, contiennent moins de 15 p. 100 de plomb et de 1 p. 100 de cuivre, mais plus de 20 grammes d'argent. Leurs gangues sont quelquefois uniquement des gangues terreuses, mais très-souvent il s'y trouve aussi plus ou moins de pyrite de fer, qui les fait alors désigner sous le nom spécial de minerais pyriteux (*Kiesige Dürrerze*).

La teneur moyenne en argent a été en 1862 de 173 grammes.

Les plus riches de ces minerais sont directement soumis à la coupellation, d'autres sont passés au four à cuve avec les minerais plombeux, enfin les plus pauvres sont soumis à la fonte pour matte crue au four à réverbère.

La proportion des Dürrerze s'élève aujourd'hui à 30 p. 100 de la totalité des minerais.

III. Les minerais cuivreux forment une très-petite fraction de la quantité totale (4,8 p. 100 seulement en 1862). Leur teneur en cuivre varie entre 1 et 10 p. 100, mais ne dépasse pas en moyenne 3 p. 100.

IV. On désigne sous le nom de *Zuschlagserge* des minerais plus pauvres que les Dürrerze (moins de 20 grammes d'argent), et renfermant trop peu de plomb ou de cuivre pour entrer dans les deux autres classes. A cette catégorie appartiennent les minerais qui ne sont reçus par l'usine que sous condition de l'emploi qu'elle en peut faire. Ils servent ordinairement à produire la matte crue dans le four à réverbère, et contiennent avec un peu de plomb et de cuivre de la pyrite de fer, de la blende, de la pyrite arsenicale, enfin du quartz et du calcaire comme éléments dominants.

Leur proportion est d'environ 30 p. 100 (29,6 p. 100 en 1862) de la totalité des minerais.

Pendant le deuxième semestre de 1862, la teneur moyenne des minerais traités aurait été, d'après les livres d'essai : $88^g,58$ d'argent, $16^k,16$ de plomb et $0^k,23$ de cuivre aux 100 kilogrammes. En réalité la teneur était plus élevée, car les chiffres que nous venons d'inscrire ne tiennent compte ni des pertes faites dans les essais par voie sèche, ni des quantités de métaux qui n'ont point été payés aux mines, parce qu'elles se trouvaient en deçà de la limite fixée par le tarif officiel. Malheureusement il n'existe pas de documents par lesquels on puisse rétablir la teneur véritable.

Exposé général du traitement. — Le traitement complet pour plomb, argent et cuivre, tel qu'il se pratique dans les usines de Freiberg, présente la série d'opérations suivante.

Les minerais plombeux, auxquels on associe une petite quantité de minerais appartenant aux trois autres classes, sont grillés dans des fours à réverbère à deux soles superposées, puis soumis dans des fours à cuve doubles à la *fonte plombeuse*, avec des mattes crues grillées provenant d'une autre fonte. Cette opération donne lieu à un plomb d'œuvre argentifère, à une matte plombeuse que l'on grille et refond séparément dans les mêmes fours, enfin à une scorie dans laquelle passe toujours une certaine quantité de métaux.

La scorie cassée en morceaux est soumise dans des fours à réverbère à une seconde fonte, à laquelle on ajoute des minerais pyriteux pauvres partiellement grillés. On se propose, par cette *fonte des scories*, de réunir en une matte, au moyen du soufre laissé à dessein dans le lit de fusion, les métaux qui se trouvent soit dans les minerais pauvres, soit dans les scories. Cette matte, appelée *matte crue*, est celle qui retourne après grillage à la fonte plombeuse. Les scories de l'opération sont pauvres et peuvent être rejetées.

La *matte plombeuse* est grillée, soit en morceaux et à l'air libre, soit après bocardage dans des fours à réverbère. On y ajoute des minerais cuivreux grillés, et l'on fait une fonte au four à cuve d'où résultent les produits suivants :

1° Du plomb d'œuvre entraînant avec lui la majeure partie de l'argent; 2° une matte cuivreuse à 30 ou 35 p. 100 de cuivre; 3° un speiss qui, soumis à un traitement spécial, fournit des speiss marchands et une certaine quantité de plomb d'œuvre et de matte cuivreuse; 4° enfin des scories qui sont fondues au four à réverbère comme celles de la fonte plombeuse.

La *matte cuivreuse* est de nouveau bocardée, grillée et fondue au four à cuve; on cherche à lui enlever ainsi, à l'état de plomb d'œuvre, le plus possible du plomb et de l'argent qu'elle contient. La nouvelle matte obtenue porte le nom de *Spurstein;* elle est destinée à subir encore une fonte de concentration avant l'extraction du cuivre.

Les divers plombs d'œuvre obtenus dans les opérations précédentes passent à un *raffinage* dans de grands fours à réverbère, où arrive par deux buses le vent de la soufflerie; il en résulte un plomb pur et des crasses.

Les crasses sont soumises à un ressuage et à une révivification; elles donnent soit un plomb de seconde qualité, soit un plomb dur pour caractères d'imprimerie ou pour plomb de chasse.

Le plomb raffiné va aux ateliers de *pattinsonage* (méthode

par tiers et cristaux intermédiaires dans des batteries continues), et fournit du plomb marchand de très-bonne qualité et du plomb riche destiné à la *coupellation*.

Celle-ci se fait dans un grand four allemand avec *filage*, c'est-à-dire addition successive des saumons de plomb riche. Elle donne des litharges qui sont, partie vendues, partie *révivifiées*, et de l'argent qui est porté au *raffinage*.

Il reste peu de chose à dire pour achever l'histoire de la matte cuivreuse. Le *Spurstein* est bocardé et grillé, puis soumis à une *fonte de concentration* définitive dans un four à réverbère.

La matte concentrée (*Concentrationsstein*) est bocardée très-fin, grillée sous un feu progressif jusqu'à destruction aussi complète que possible des sulfates, et enfin mise en digestion à chaud dans une liqueur vitriolique.

On retire de là des résidus argentifères en petite quantité, qui sont renvoyés à la fonte plombeuse, et par cristallisation de la liqueur un vitriol de cuivre qui est vendu au commerce.

Nous pouvons entrer maintenant dans le détail des opérations dont nous venons de voir l'enchaînement.

I.

TRAVAIL DES MINERAIS.

Préparation des minerais. — Les minerais, qui viennent d'être reçus et pesés, sont mis en tas dans de vastes magasins; chacun des tas porte inscrit sur une tablette de bois une lettre qui le désigne, le numéro de la semaine où la livraison a été faite, le nom de la mine qui a fourni le minerai, la préparation que celui-ci a subie (bocardé à sec ou lavé) et son poids à sec.

L'usine n'est d'abord que dépositaire de ces minerais, elle ne peut les employer que du jour où aucune contestation ne peut plus être élevée sur leurs teneurs. Les essais

ayant alors permis de déterminer les proportions dans lesquelles ils doivent être associés pour le traitement, on les amène dans des brouettes au-dessus de trémies, par lesquelles on les fait descendre à l'étage inférieur.

Là, d'autres ouvriers les étalent par couches horizontales sous forme de vastes tas, que l'on vient ensuite découper par tranches verticales, pour avoir un mélange de composition uniforme.

Un pareil tas s'appelle *Erzbeschickung;* il atteint ordinairement un poids de 100 à 120 tonnes et se compose d'environ 60 p. 100 de glanz, 20 p, 100 de bleiisches-erz et 20 p. 100 de dürrerz. Sa teneur moyenne varie entre 120 et 140 grammes d'argent, 35 et 40 p. 100 de plomb.

Je citerai un exemple, choisi comme normal dans le livre de fusion, en indiquant la quantité de métaux contenue :

			Argent.	Plomb.
t. kil.			kil. gr.	t. kil.
21.835	Dürrerz,	contenant : .	40.315	»
16.360	Bleiisches-Erz,	—	9.455	3.245
63.335	Glanz.	—	85.550	34.210
101.530				

Teneur moyenne pour 100 kilogrammes de minerai : 133 grammes d'argent, 36 kilogrammes de plomb.

On a profité de la pente du terrain pour donner accès de plain-pied, par les deux côtés opposés, aux deux étages du bâtiment où se font le pesage et le mélange ; tandis que les voitures apportant le minerai arrivent traînées par des chevaux à l'étage supérieur, les minerais mélangés, sortant de l'étage inférieur, descendent par un chemin de fer au bâtiment des fours de grillage.

Grillage.

Le grillage se fait dans les usines de Freiberg de plusieurs manières selon l'état et la nature des substances. Les

minerais en poudre sont grillés dans des fours à réverbère à une ou deux soles ; il en est de même des mattes plombeuses et cuivreuses, qui sont à cet effet préalablement bocardées et tamisées. Les minerais pyriteux en morceaux, et les mattes crues de la fonte des scories, cassées au marteau, sont grillés à l'air libre, soit dans les stalles dites de Wellner, soit en tas isolés, lorsque toutes les stalles sont occupées.

Grillage en tas. Tas rectangulaires.—Sur une aire un peu perméable, en scories battues, on fait une couche de copeaux, puis on met quelques morceaux de coke, et l'on élève le tas avec des morceaux dont la grosseur varie depuis celle d'une noix jusqu'à celle du poing. Le tas est ordinairement rectangulaire et reçoit une hauteur de $1^{m},50$ sur 2 mètres de côté à la base. Pendant l'opération, les mattes crues donnent naissance à des fumées de soufre qui ne méritent pas d'être recueillies. Les mattes subissent ainsi un ou deux feux, le second avec intercalation de lits de coke.

Tas de Wellner.—Plus souvent on emploie pour les tas la disposition que leur avait donnée Wellner, autrefois directeur de l'usine de la Mulde (Pl. I, *fig.* 6).

Les morceaux de minerai ou de matte sont montés sur une couche de copeaux de bois blanc, de manière à présenter la forme d'une calotte sphérique. Au centre se trouve une cheminée cylindrique en briques ordinaires, haute de $2^{m},30$ à $2^{m},50$ et avec un diamètre de $0^{m},40$, par où se fait un appel des gaz de la combustion. Quelques galeries sont ménagées à la base, au-dessus des copeaux, afin de donner passage à l'air ; si ce n'est pas un premier feu, on a soin d'intercaler de petites couches de coke pour faciliter le grillage. Un tas reçoit ainsi de 30 à 50 tonnes de matte ou de minerai en morceaux ; lorsqu'il est formé, on lui fait une couverte en poussier, qui permet ensuite de très-bien régulariser la combustion. Cette disposition est préférable à celle des tas rectangulaires, et l'on achève souvent ainsi le

grillage des matières déjà appauvries en soufre par un ou deux feux.

Grillage en stalles. Stalles de Wellner. — Le mode de grillage en stalles offre par lui-même une certaine supériorité sur le mode précédent, et les stalles dites de Wellner ont encore apporté un avantage spécial, celui de rendre possible l'emploi de houilles impures; enfin un perfectionnement assez récent de ces stalles a permis de débarrasser l'usine des fumées abondantes qui se produisent dans le grillage, et d'utiliser partiellement ces fumées.

La forme des stalles est restée à peu près telle que Wellner l'avait conçue; chacune d'elles se compose d'une aire pavée en dalles de gneiss, ayant une pente de 1/10 environ et $3^m,70$ de longueur; elle est terminée à la partie inférieure par un mur de $0^m,80$ d'épaisseur, dans lequel sont construites des voûtes destinées à recevoir les grilles en fer où se place la houille; les stalles sont disposées à la suite les unes des autres, séparées par de petits murs en maçonnerie.

Selon le premier modèle, qui n'a pas encore été partout remplacé, le mur antérieur était continu et présentait quatre voûtes avec grilles devant chaque stalle. Un massif était formé par deux rangées de stalles symétriquement adossées, ouvertes au sommet, et laissant entre elles un passage pour les brouettes des chargeurs.

Le nouveau modèle (Pl. I, *fig.* 7, 8 et 9) diffère en quelques points de l'ancien. On a réuni deux stalles en une seule, qui n'en doit pas moins recevoir deux tas de grillage; de deux cloisons l'une a été supprimée, et à sa place on a ouvert le mur antérieur pour donner accès aux ouvriers. Au sommet des stalles, au lieu du passage qui régnait entre les deux rangées, on a établi une galerie surmontée d'une large terrasse. Une même case, ainsi que je l'ai dit, reçoit deux tas; chacun de ceux-ci s'appuie donc sur trois murs, le mur antérieur, celui de la galerie et l'un des murs latéraux communs à deux cases voisines. Il se construit ainsi :

on dispose à la base une couche de copeaux et de coke, et l'on forme aussitôt, au moyen de gros morceaux de matte qui se soutiennent deux à deux, des canaux partant des chauffes et que l'on remplit de fragments de coke. Ces morceaux subissent d'abord une fusion superficielle et plus tard un refroidissement rapide, se grillent peu et peuvent servir plusieurs fois au même usage. Le tas ainsi commencé est ensuite élevé jusqu'au-dessus des murs qui le soutiennent, puis recouvert par du menu légèrement battu. Il est dans sa masse formé de morceaux de minerai de 3 ou 4 centimètres de diamètre, ou de matte de 4 à 6 centimètres. Lorsqu'il est prêt, on allume sur les grilles un peu de houille que l'on entretient jusqu'à ce que le feu soit bien pris sous le tas; cela dure de 13 à 16 heures.

Le fond de chaque stalle est constitué par deux grandes arcades remplies chacune par une cloison de briques, où l'on a ménagé un certain nombre d'ouvertures, qu'il faut avoir soin de fermer à mesure qu'on enlève le tas après grillage. Derrière ces ouvreaux se trouvent des canaux verticaux, puis un canal horizontal et recourbé, qui les met en communication avec la galerie centrale, commune à tout le massif. Un registre placé en travers du canal horizontal et se manœuvrant de la terrasse, permet de régler le tirage; cela est indispensable pour avoir une combustion régulière.

La galerie centrale conduit les fumées à un canal souterrain par lequel elles se rendent aux chambres de condensation. On recueille dans les différentes parties de ce trajet des poussières arsenicales, qui sont plus tard ramassées et distillées pour le commerce. Un second avantage bien marqué est de débarrasser l'usine et ses alentours d'une bonne partie des fumées sulfureuses dégagées dans le grillage. Enfin on peut conduire l'opération mieux que dans les tas à air libre, puisqu'on a le moyen de régler le tirage par l'ouverture plus ou moins grande donnée aux carneaux.

Un tas peut contenir de 45 à 60 tonnes de matte crue, son grillage demande 8 à 10 semaines ; si c'est un second feu, il ne dure guère que la moitié de ce temps avec une égale consommation de houille. La matte reçoit 2 ou 3 feux, elle prend une couleur rougeâtre foncée et un aspect bourgeonnant et mat. Sa teneur en soufre s'élève, d'après M. Reich, à 8 ou 10 p. 100.

Le résultat ne serait pas beaucoup plus complet dans un four à réverbère et les frais seraient bien plus considérables, d'autant qu'il faudrait ajouter aux dépenses spéciales de l'opération celles du bocardage. Les frais du grillage en stalles seront indiqués à leur place, après ceux de la production des mattes crues dans les fours à réverbère.

Grillage dans les fours à cuve. — Je signalerai incidemment, à la suite du grillage des mattes et des minerais pyriteux en morceaux, l'opération qui se fait à l'usine de la Mulde, et par laquelle on produit l'acide sulfureux nécessaire pour la fabrication de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb. C'est un grillage des minerais pyriteux dans de petits fours à cuve, appelés ***Kilns***.

Les minerais doivent y être chargés en morceaux depuis la grosseur d'une noisette jusqu'à celle d'un œuf. Le zuschlagserz pyriteux en poudre a donc besoin d'être préalablement aggloméré sous forme de briquettes (*Stöckel*). A cet effet, il est d'abord séché sur la plate-forme qui surmonte le massif des kilns, puis bien mélangé avec un peu d'argile et de marne calcaire, enfin très-légèrement humecté par une solution étendue d'acide sulfurique. De jeunes ouvriers le mettent alors sur une table entre les côtés, faciles à disjoindre, d'un cadre en fer peu élevé ; ils le battent au poing, puis au marteau, jusqu'à ce qu'il ait acquis une dureté convenable, défont le cadre, découpent le gâteau plat avec un couteau, et font ainsi de petites briquettes qu'ils laissent sécher.

L'argile d'une part, de l'autre le sulfate de chaux qui se

forme et qui prend corps à l'intérieur des briquettes, leur servent, pour ainsi dire, de ciment et leur donnent assez de solidité pour qu'elles gardent leur forme même après le grillage.

Les fours à cuve ou kilns où se fait le grillage des minerais, soit en morceaux, soit agglomérés, sont connus ailleurs qu'à Freiberg, et la description détaillée en serait ici superflue. Ils ont 1^m,50 de hauteur, et vont en se rétrécissant depuis la base supérieure, qui a 1 mètre, jusqu'à la base inférieure, qui a 0^m,50 de diamètre. Ils présentent à l'avant quatre portes, servant, la plus élevée au chargement, la dernière au déchargement, et les deux intermédiaires à l'admission de l'air, que l'on règle selon la marche de l'opération. Ils sont fermés à la partie supérieure par un couvercle de fonte, que l'on enlève très-aisément pour les nettoyages et les réparations.

Quand une fois ces fours sont en feu, on n'a plus besoin d'ajouter ni bois ni charbon : la combustion des pyrites s'entretient d'elle-même, et l'opération continue. Les minerais, soit en morceaux, soit en briquettes, se grillent très-complétement, et comme ils contiennent un peu d'argent et de cuivre, les résidus sont envoyés à l'opération de la fonte des scories, dans laquelle d'ailleurs ils rendent encore service par leur composition basique.

Les gaz venant du grillage sont très-chargés en acide sulfureux, et conviennent fort bien à la fabrication de l'acide sulfurique; ils sont conduits par des canaux souterrains à l'entrée des chambres de plomb.

Le grillage se fait très-économiquement dans les kilns; pendant une campagne de 182 jours (2e semestre de 1862), on a grillé 772 tonnes de minerai pyriteux, soit en morceaux, soit en briquettes, et l'on a employé en main-d'œuvre 618 journées (de 8 heures); 50 mètres cubes de copeaux et rondins ont été consommés pour la mise en feu. C'est donc, par tonne de minerai à griller, 0^m,66 de copeaux et

0,80 journée d'ouvrier; ce qui, avec les prix qui ont cours à Freiberg, équivaut à une dépense de 1f,24. Il faudrait ajouter à ce chiffre quelques centimes pour l'entretien des fours et des outils.

La fabrication des briquettes est au contraire une opération assez coûteuse; on a, dans la même période de temps, aggloméré 168 tonnes de minerai pyriteux en poudre, et la dépense s'est élevée, par tonne, aux chiffres suivants :

ton.		fr.
0,184	houille et escarbilles.	1,98
0,022	acide sulfurique marquant 66°, à 50f fr. .	1,10
0,044	marne calcaire, à 15 fr.	0,66
journées.		
4,83	pour l'agglomération, à 1 fr.	4,83
0,11	pour les transports, à 1f.20.	0,13
Frais spéciaux pour l'agglomération de 1 tonne de minerai.		8,70

On s'efforce aujourd'hui d'éviter les frais élevés de cette opération, en donnant aux fours une construction différente, qui puisse s'adapter au grillage des minerais pulvérulents ; mais les essais qui se font dans ce sens à l'usine de la Mulde sont encore tenus secrets.

Grillage dans les fours à réverbère. — A l'exception des minerais pyriteux pauvres dont il vient d'être question, tous les minerais reçus par les usines de Freiberg, se trouvant à l'état de schlichs plus ou moins fins, sont grillés dans des fours à réverbère à une ou à deux soles; j'insisterai principalement sur ces derniers, dont l'emploi s'est aujourd'hui presque tout à fait substitué à celui des fours simples.

On a complétement renoncé aux anciens fours dits *fours hongrois*, dont la sole unique, de 2m,85 de long sur 2 mètres de large, avait son grand axe parallèle à la chauffe; leur forme avait pour résultat une mauvaise utilisation du combustible ; l'existence d'une seule porte de travail rendait

d'ailleurs difficiles l'accès de l'air et le retournement des matières, et donnait lieu à un grillage incomplet.

On conserve encore pour certains minerais des fours à sole unique, appelés *fours anglais*, mais l'usage en est devenu fort restreint. Lors de mon séjour à l'usine de la Mulde, un seul four de cette espèce était en service pour le grillage de minerais cuivreux, tandis que les 24 fours à deux soles de l'usine se trouvaient en feu; on ne se servait en ce moment d'aucun four anglais à l'usine de Halsbrücke.

Fours anglais. — Les *fours anglais* sont symétriques et présentent de chaque côté deux portes de travail (*). La sole a une longueur totale de $4^{m},57$, et une largeur de 4 mètres comptée entre les portes opposées. La distance de la voûte à la sole est de $0^{m},47$ au centre et de $0^{m},28$ sur les côtés. Deux cheminées traversant la voûte du four servent à l'introduction du minerai. Quatre autres, descendantes, traversant la sole, servent à l'enlèvement de la charge à la fin de l'opération.

Ces fours étaient, dans le principe, munis de chauffes ordinaires; mais on a depuis quelques années réussi à y adapter des générateurs à gaz, qui, donnant la faculté d'employer avec la houille une proportion presque égale de combustible menu, tel que des escarbilles, dépensent $0^{f},45$ de moins par tonne de minerai. Un pareil générateur est formé d'un foyer profond que l'on entretient rempli de combustible, et d'où les gaz sortent par une fente horizontale étroite, ouverte vers le laboratoire du four. Quatre canaux verticaux, prenant naissance au-dessous de la grille, conduisent l'air à un carneau horizontal unique situé au-dessus et en avant du pont; échauffé par le foyer, dont il n'est séparé que par de minces

(*) Ces fours sont représentés dans les *Leçons de métallurgie générale* (*Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde*) de C. Fr. Plattner, t. I, p. 203, et t. II, p. 97.

cloisons de briques, l'air débouche près du pont à travers une seconde fente voisine de la première, et se mélange aux gaz du foyer dont il achève la combustion. On obtient ainsi une atmosphère à la fois très-chaude et oxydante qui convient bien au grillage.

La charge d'un four va à 1.000 kilogrammes; deux ouvriers grillent, dans l'espace de huit heures, 1.230 kilogrammes de minerai de plomb ordinaire, ou 1.000 kilogrammes de minerai cuivreux et blendeux, qui demande plus de précautions contre l'agglomération, et vers la fin un coup de feu assez vif.

La consommation est en moyenne, pour 24 heures, de $0^t,9$ de houille avec une chauffe ordinaire, ou de $0^t,50$ de houille et $0^t,45$ d'escarbilles avec un générateur.

Pour une tonne de minerai ordinaire soumis à l'opération, les frais spéciaux sont :

Main-d'œuvre.	$2^j,133$	$3^f,20$
Combustible.	$0^t,252$	$3^f,20$
Entretien des fours et outils.		$1^f,00$
		$7^f,40$

Fours à deux soles. — Les minerais plombeux se grillent aujourd'hui exclusivement dans des fours à réverbère à deux soles superposées, représentés par les dessins de la Pl. I (*fig.* 1, 2, 3, 4 et 5).

Ces fours, tous semblables entre eux, sont disposés à la suite les uns des autres par massifs de six. Deux massifs sont séparés par un terre-plein plus élevé que le reste de l'atelier, afin de permettre le travail des ouvriers sur la sole supérieure, et la différence de niveau est rachetée par quelques marches.

Chacun des fours présente une chauffe de $0^m,50$ sur $1^m,50$ et à la suite une sole de $2^m,85$ de long sur $1^m,37$ de large. Cette sole est recouverte d'une voûte plate, formée par de grandes tablettes d'argile réfractaire, et soutenue par trois

arceaux surbaissés. La hauteur du laboratoire du four est de $0^m,57$ jusqu'à ces tablettes qui, d'autre part, forment la sole du four supérieur ; celui-ci est surmonté lui-même d'une voûte en briques, qui lui laisse une hauteur maximum de $0^m,35$. Il a $1^m,71$ de largeur ; sa longueur est de $3^m,61$, et il communique par son extrémité avec le four voisin, dont il n'est séparé que par une sorte de petite digue de $0^m,14$ de haut.

Ces fours ont été construits comme *fours à moufles* dans le but d'utiliser l'acide sulfureux produit sur la sole supérieure par le grillage des minerais pyriteux. Le four supérieur était alors, comme l'indique le dessin, une moufle fermée de tous côtés ; les gaz de la combustion circulaient au-dessous et au-dessus, et ne se mélangeaient point à l'acide sulfureux. Mais, les moufles communiquant entre elles et présentant un très-grand nombre de portes, on ne parvenait pas à régler l'entrée de l'air comme il l'aurait fallu, et l'on ne pouvait obtenir qu'un acide sulfureux trop dilué et inutilisable pour la fabrication d'acide sulfurique. Selon les expériences de M. Reich, les gaz sortant de la moufle ne contenaient que 1 p. 100 d'acide, tandis que dans un four à moufle unique on a pu en obtenir 5 et 6 p. 100. On a donc renoncé à l'utilisation de l'acide sulfureux, et, tout en conservant les mêmes fours, on a donné passage aux gaz du foyer dans la moufle.

Deux carneaux (*f*) menaient les gaz chauds du laboratoire inférieur à la galerie (*D*), qui recouvrait les moufles ; on y a pratiqué une ouverture rectangulaire (*K*) et disposé un registre au moyen duquel on peut faire passer dans la moufle tout ou partie du courant gazeux. On obtient ainsi un premier grillage plus avancé qu'autrefois, mais on garde la faculté de fermer la moufle, lorsqu'on a affaire à des minerais arsenicaux, et que l'on se propose de condenser l'acide arsénieux produit. Il se dépose alors plus pur, et aussi plus facilement, que lorsqu'il est mélangé aux gaz de la combustion.

L'entrée de la chauffe est à parois de fonte ; elle se ferme par une simple feuille de tôle suspendue à un crochet. L'air y trouve accès par les interstices des huit barreaux de la grille, que l'on a soin de nettoyer fréquemment parce qu'on y brûle de la houille impure.

La sole inférieure a deux portes également à parois de fonte et maintenues par des armatures en fer qui consolident le four. Ces portes de $0^m,15$ sur $0^m,25$, sont aussi fermées par des feuilles de tôle que l'on enlève à l'aide d'un crochet. Devant elles se trouvent de petits rouleaux en fer, destinés à supporter les outils du grillage pendant le travail.

La disposition est la même pour la sole supérieure ; seulement les portes sont au nombre de trois, et les rouleaux sont remplacés par de simples barreaux fixes. La porte du milieu, plus grande que les autres, tourne autour de gonds, et présente une petite ouverture, par laquelle on fait passer le manche du râble, ou que l'on ferme à volonté.

Des registres, disposés aux extrémités de chaque massif de fours, permettent de régler le courant des gaz. Ceux-ci passent dans des galeries souterraines, où ils déposent les poussières entraînées, avant de se rendre aux chambres de condensation et à la cheminée.

Chaque four est surmonté d'une terrasse, et muni d'une trémie en tôle où se verse le minerai. La provision d'un jour est distribuée en autant de tas que l'on doit faire d'opérations (5 à 6). Pour l'introduction d'une charge dans le four, deux cheminées, fermées en haut par des trappes, descendent à travers le canal supérieur jusqu'à la voûte de la moufle. Une ouverture, située derrière la porte centrale de la moufle, sert à faire descendre les matières d'une sole sur l'autre. Enfin une semblable ouverture dans la sole inférieure aboutit à une voûte, sous laquelle pénètre le chariot en tôle qui doit emporter la charge grillée.

Conduite de l'opération. — Une charge de grillage est de 500 à 550 kilogrammes pour les minerais plombeux ; étalée

sur l'une des soles, elle forme une couche mince de 0m,05 à 0m,06 d'épaisseur. Elle séjourne habituellement 4 heures sur chaque sole; mais on va jusqu'à 4 h. 3/4, lorsque la houille est de très-mauvaise qualité.

Le travail consiste sur la sole supérieure en un râblage fait à de longs intervalles. Le minerai, déjà un peu échauffé sur la plate-forme du four, achève de se dessécher, puis éprouve un grillage partiel sur la première sole (surtout lorsqu'il est pyriteux, parce que le dégagement et la combustion du soufre élèvent sa température), mais il n'arrive pas au delà du rouge sombre. Sur la sole inférieure, le travail des ouvriers est presque continuel, pour renouveler les surfaces et empêcher l'agglomération. Ils se servent à cet effet d'un râble de 0m,08 sur 0m,12, avec une tige en fer de 3 mètres de long et un manche en bois de 1 mètre environ, et d'une pelle plate portée par un manche de même longueur. Ils font, au moyen de ces pelles, le retournement des matières tantôt sur place, tantôt d'une extrémité à l'autre du four, afin que le grillage soit parfaitement uniforme. Le grillage s'achève sur la sole inférieure sans coup de feu; on appelle *gutrösten* cette seconde période de l'opération; on la terminait pendant les premières années en poussant le feu jusqu'à une agglomération des matières; mais on y a renoncé à cause des funestes effets que cette pratique avait sur la durée des fours, et de la difficulté que l'on éprouvait à nettoyer la sole, lorsque les minerais s'y étaient collés.

Quand le grillage est fini, la charge de la sole inférieure est réunie en tas devant la deuxième porte dans tous les fours d'une même rangée à la fois.

Un essayeur vient alors prélever sur chaque tas une cuillerée de minerai grillé qu'il enferme dans une petite boîte. Ces prises d'essai doivent servir à la recherche de la quantité de soufre restant.

Aussitôt après, l'ouvrier, soulevant la trappe qui couvre

la cheminée, fait descendre par là les matières dans le chariot de tôle amené au-dessous. Ce chariot bas, de construction assez commode pour le versage, est représenté par les *fig.* 12 et 13, Pl. III; il a des roues plates pour aller sur des madriers de bois qui affleurent au sol du bâtiment de grillage. La charge encore très-chaude est conduite au bâtiment voisin; on l'y refroidit aussitôt par des aspersions d'eau, pour pouvoir l'enlever plus vite, et se dispenser ainsi d'avoir de vastes magasins de dépôt. Mais les fumées acides qui se dégagent de ce bâtiment prennent violemment à la gorge et à la poitrine; les ouvriers y restent le moins longtemps possible, ils gardent même pendant toute la durée du déchargement leur mouchoir serré contre le nez et la bouche pour se préserver de ces fumées malsaines.

Pendant l'enlèvement de la charge grillée, le second ouvrier fait descendre le minerai à demi grillé de la première sur la seconde sole, il introduit par la cheminée supérieure une nouvelle charge de minerai, puis les deux charges sont étalées sur leurs soles respectives, et une nouvelle période semblable recommence.

Les postes d'ouvriers sont de huit heures et leur salaire de $1^f,50$. La consommation s'élève en moyenne à 650 kilogrammes de houille en 24 heures.

Les frais sont un peu plus élevés pour les minerais blendeux et pyriteux que pour les minerais plombeux.

Selon M. Reich, le minerai plombeux ne retient pas après le grillage plus de 4,5 p. 100 de soufre.

Le zuschlagserz blendeux et pyriteux en conserve 8 à 10 p. 100, dont 2 à 4 p. 100 à l'état de sulfate.

Essai pour soufre (*).—Les essais pour soufre du minerai grillé se font ainsi dans les usines de Freiberg :

On mêle dans une capsule 1 gramme du minerai avec

(*) Cette description est empruntée au Traité des procédés de grillage (*Metallurgische Röstprocesse*) de Plattner, p. 378.

2 grammes de carbonate de soude pur et anhydre, et 2 grammes de salpêtre; on place la capsule sous la moufle pendant quelques minutes. La matière fondue et refroidie est ensuite traitée par de l'eau chaude. On filtre dans un verre et on laisse le résidu avec très-peu d'eau, on acidifie la liqueur par de l'acide chlorhydrique, et l'on met au bain de sable jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs nitreuses. Dans la liqueur concentrée et maintenue chaude, on dose l'acide sulfurique par une dissolution titrée de chlorure de barium, en versant celle-ci avec précaution d'une burette graduée, divisée en volumes de 2 centimètres cubes, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus aucun trouble par précipitation de sulfate de baryte. La dissolution titrée contient au centimètre cube 0g,152 de chlorure de barium cristallisé et pur, et précipite par conséquent 0g,05 d'acide sulfurique correspondant à 0g,02 de soufre. Chaque centimètre cube employé correspond donc, pour 1 gramme de produit à essayer, à 2 p. 100 de soufre. Cet essai rapide donne une exactitude bien suffisante pour le but qu'on se propose.

Résultats économiques. — Le grillage de 4.379 tonnes de minerai a donné lieu aux frais spéciaux suivants :

Main d'œuvre :	9.490j d'ouvriers, à 1f.50	14.235f,00
Combustible :	858t,42 de houille	11.464,00
	86t,00 de lignite	1.536,45
Entretien des fours et outils		2.272,00
		29.507f,45

Les frais spéciaux sont donc les suivants pour 1 tonne de minerai à griller :

Main-d'œuvre : 2j,18	3f.27
Houille et lignite : 0t,216	2,93
Entretien des fours et outils	0,52
	6f,72

Fonte plombeuse.

Fours doubles. — La fonte des minerais plombeux grillés se fait dans des fours à cuves doubles (*Doppelöfen*), substitués par Wellner à des fours simples, de construction d'ailleurs analogue, et présentant sur ceux-ci l'avantage d'une plus forte production. (Voir les *fig.* 1, 2, 3 et 4 de la Pl. II.)

Ces fours sont construits en gneiss, mais avec une cheminée en briques réfractaires. Les fondations sont traversées de deux galeries en croix servant à leur assèchement. Le vide laissé par les maçonneries est rempli à la partie inférieure par des scories, sur lesquelles on a battu un lit d'argile; celui-ci est lui-même surmonté de brasque, qui forme le creuset et l'avant-creuset, et s'élève contre les parois pour les protéger contre l'action corrosive des scories. On compose cette brasque avec trois parties en poids d'argile pour deux parties de poussier de coke.

Le four a deux tuyères convergentes et légèrement inclinées. La poitrine du four présente, outre la large ouverture de l'avant-creuset, deux trous situés au niveau des tuyères et restant constamment ouverts; les ouvriers s'en servent assez fréquemment pour y introduire des ringards droits ou courbes, à l'aide desquels ils s'assurent que les charges avancent régulièrement, et font tomber au besoin les dépôts qui les arrêtent. D'autres ouvertures, au nombre de trois ou de quatre, distribuées à d'autres niveaux, peuvent également servir à cet usage, mais restent habituellement fermées par des briques. Lorsque le vent est un peu plus fort que de coutume, on voit la flamme sortir par les deux yeux ouverts, et cela même n'est pas inutile aux fondeurs pour connaître la marche du four. Le vide intérieur est divisé en deux par un mur de briques réfractaires, reposant sur une voûte double jetée entre la poitrine et la rustine. Les

portes par où se fait le chargement se trouvent de part et d'autre de ce mur, sur les deux côtés opposés du four.

Il n'y a pas de chambres de condensation pour les fumées; les gueulards se trouvent sous de larges cheminées, où aboutissent également des hottes de tirage situées devant la poitrine des fours. Cependant il faut signaler, à l'usine de la Mulde, un massif de six fours, dont les fumées se réunissent dans un canal horizontal, où se fait le dépôt des poussières entraînées; ce canal aboutit à une cheminée qui s'élève au milieu du massif, haute de 23 mètres et divisée en deux compartiments par une cloison de briques.

Les dimensions principales des fours doubles sont les suivantes : hauteur du gueulard au-dessus de la tuyère 4 mètres, de la tuyère au fond du creuset $0^m,43$; au niveau de la tuyère la largeur du four est $1^m,71$ du côté de la rustine, $1^m,14$ du côté de la poitrine, et la dimension en profondeur $1^m,21$. Au niveau du gueulard, les dimensions correspondantes pour chaque compartiment sont : $0^m,74$, $0^m,57$ et $0^m,86$. La poitrine présente une légère inclinaison vers l'arrière. Les deux tuyères sont distantes de $0^m,71$ d'axe en axe à leurs extrémités.

Le vent est fourni soit à ces fours de fusion, soit aux autres fours de l'usine de la Mulde, par quatre cylindres soufflants verticaux, en relation avec une turbine du système Fourneyron, et par deux cylindres horizontaux recevant l'action d'une petite machine à vapeur. Le vent sort des cylindres avec une pression de $0^m,026$ de mercure; il n'est pas parfaitement constant, faute d'un régulateur de capacité suffisante, ce dont on s'aperçoit surtout aux fours de coupellation. — L'usine de Halsbrücke a encore des soufflets qui donnent aux fours de fusion un vent très-peu régulier.

Les appareils pour la distribution du vent aux fours sont fort bien disposés. Du tronc commun, qui est souterrain, part devant chaque four un tuyau vertical en fonte, s'élargissant à son extrémité pour recevoir un second tuyau recourbé qui

y pénètre à frottement; on en règle la hauteur au moyen d'une vis passant dans un écrou fixe. Le tuyau recourbé se divise en deux branches qui conduisent le vent aux buses. Sur chacune des branches est un robinet, au moyen duquel on règle la quantité de vent qu'il faut donner à la tuyère correspondante (*fig.* 18 et 19, Pl. III).

Conduite de l'opération. — Le *lit de fusion* se compose essentiellement de minerai et de matte crue grillée, la proportion de cette dernière étant de 50 p. 100 de minerai. On ajoute souvent du spath fluor, jusqu'à 4 p. 100, et une petite quantité de crasses de fours (gekrätze), poussières recueillies dans les canaux, débris de soles de coupellation, etc. Enfin on repasse dans la fonte les scories riches de la même opération, contenant des grenailles de plomb ou de mattes; leur proportion s'élève jusqu'à 150 p. 100 de minerai.

Les lits de fusion sont préparés sur un plancher au niveau des gueulards des fours. Les matières sont amenées à un niveau supérieur par des wagonnets de tôle à trappes, et versés sur ce plancher par l'intermédiaire de trémies. On y dispose par couches successives la matte grillée en morceaux, le minerai grillé, puis les diverses crasses, quelquefois aussi des minerais d'argent un peu riches, enfin le spath fluor pulvérisé et les scories concassées grossièrement. Le combustible est du coke venant du bassin de Potschappel, assez chargé de substances étrangères et ne donnant pas beaucoup de chaleur. On en consomme de 46 à 50 parties pour 100 de minerai. Le lit de fusion est chargé par les portes des gueulards au moyen d'auges en bois (*trog*), qui en contiennent en moyenne de 28 à 29 kilogrammes; le coke au moyen de paniers en osier tressé (*korb*), qui en reçoivent à la fois 10 kilogrammes. En allure normale l'ouvrier charge 1 panier de coke et alternativement 2 et 4 auges de lit de fusion; selon que le nez est trop long ou trop court, il met chaque fois 2, ou chaque fois 4 auges de

lit de fusion pour 1 panier de coke. Le minerai est toujours jeté contre la rustine et le coke vers la poitrine du four. Le gueulard est obscur lorsque le chargement se fait avec régularité, et le nez a de $0^m,10$ à $0^m,15$ de longueur. L'air est employé froid, et, selon les calculs faits, à raison de $4^{m3}1/2$, rarement 5 mètres cubes, par minute. — On passe, en bonne marche, dans l'espace de 24 heures :

3.000 kil. de minerai.
1.500 de matte grillée.
4.500 à 5.000 kil. de scorie.
9.000 à 9,500 avec 1.400 kil. de coke.

Mais il arrive aussi que l'on descende à 2 tonnes ou 2 tonnes 1/2 de minerai et 1 tonne ou 1 tonne 1/4 de matte grillée.

Un four double occupe 3 ouvriers : 1 fondeur (schmelzer), 1 chargeur (aufträger) et un traîneur de scories (schlackenlaufer). Les postes sont de 12 heures, et les ouvriers sont payés à la tâche à raison de $0^f,50$ par 100 kilogrammes de minerai.

Produits. — On obtient, par jour, de 800 à 1.050 kilogrammes de plomb d'œuvre, de 400 à 500 kilogrammes de matte, et quelquefois un peu de speiss, lorsque les minerais sont notablement chargés en arsenic (mais les speiss se produisent surtout dans le travail ultérieur de la matte), enfin des scories abondantes.

Ni les mattes ni les scories ne sont pesées en général; les unes et les autres doivent être fondues de nouveau.

On ne laisse pas les scories couler du creuset d'une manière continue, ainsi que cela se fait dans les usines de plomb de Przibram (en Bohême) et du Hartz; mais on les force à s'accumuler dans l'avant-creuset, arrêtées par une digue de brasque; à des intervalles assez rapprochés, le fondeur ouvre cette digue, pour les faire écouler sur la pente qui leur est ménagée. Ces scories sont très-fluides au premier instant, mais se refroidissent vite, elles appartiennent

à la classe des scories basiques ou froides (*frische Schlacken*), et c'est pour éviter les engorgements qui résulteraient de leur congélation, que l'on a un avant-creuset largement ouvert, et qu'on ne les laisse pas couler à mesure de leur formation. Après refroidissement, elles sont presque noires et ont peu d'éclat.

La percée se fait ordinairement 4 fois en 24 heures ; la matte, reçue avec le plomb dans le bassin de coulée, s'en sépare sous la forme d'un disque, que l'on enlève avant la solidification du plomb. La scorie qui la recouvre, et qui est enlevée la première, retient ordinairement des grenailles de plomb ou de matte, et doit toujours être repassée à la même opération.— Le plomb est puisé à la cuiller et moulé en gâteaux de 15 à 16 kilogrammes.

Analyses. — De nombreuses analyses de *scories* ont été faites dans ces dernières années. Je citerai celles de M. Reich et celles de M. Richter, professeur à Freiberg, qui donnent la composition moyenne suivante : I et II sont les résultats trouvés par M. Reich sur des scories des usines de la Mulde et de Halsbrücke ; III et IV les résultats de M. Richter sur les scories des mêmes usines.

	I. Mulde.	II. Halsbrücke.	III. (M.)	IV. (H.)
Silice	29,738	26,742	27,05	28,14
Alumine	0,210	3,164	6,85	5,78
Oxyde de fer	49,104	39,937	41,21	37,23
Oxyde de manganèse	2,120	3,471	0,90	0,63
Magnésie	0,127	1,053		
Chaux	5,660	5,458	8,84	7,68
Baryte	»	»	»	3,87
Oxyde de plomb	4,685	4,736	3,90	7,35
Oxyde de zinc	7,602	13,235	8,62	7,60
Oxyde de cuivre	0,516	0,937	1,00	0,50
Soufre	1,956	3,782	3,53	2,47
Arsenic	»	0,096	»	»
Total	101,718	102,611	101,90	101,25
Oxygène correspondant au soufre	0,978	1,891	1,76	1,23
Reste	100,740	100,720	101,14	100,02

D'après ces nombres, les scories pourraient être considérées comme des protosilicates combinés avec une quantité variable, mais généralement assez faible, de bisilicates. Elles contiennent un peu d'oxydes métalliques et de sulfures, que l'on ne peut pas distinguer nettement par l'analyse.

Les métaux utiles y sont en assez forte proportion pour mériter un travail spécial d'extraction.

Les essais journellement faits à l'usine de la Mulde ont indiqué pour leur teneur moyenne aux 100 kilog. en 1863 :

Argent. 29g,04. Plomb. 4k,916. Cuivre. 0k,403.

Les *mattes* ont été rarement analysées après cette première fonte, et il suffit d'indiquer comme résultats approximatifs, qu'elles contiennent environ 18 p. 100 de soufre, 37 p. 100 de fer, et en métaux utiles, 31 p. 100 de plomb, 5 p. 100 de cuivre et 140 grammes d'argent.

Repassage des mattes. — Lorsque la campagne d'un four double a duré 10 semaines environ, on la termine en 2 ou 3 semaines par le repassage des mattes plombeuses obtenues. Cette opération porte à l'usine le nom de *Veränderung des Bleisteins;* elle a pour but la production d'une certaine quantité de plomb d'œuvre, et l'enrichissement en cuivre de la matte. Les 4/5 de la matte sont bocardés et grillés, 1/5 reste cru : on ajoute des scories riches de la même opération et des dépôts de la fonte plombeuse, mais on a renoncé à l'addition de fondants plombeux, litharges, etc., qui se faisait autrefois d'une manière courante.

La matte et les scories fondues ensemble sont à peu près entre elles dans les proportions de 1 et 4.

On fait de 7 à 9 coulées en 24 heures, et l'on obtient du plomb d'œuvre, de la matte et de la scorie.

Les analyses de Plattner attribuent à la nouvelle matte la composition suivante :

	MULDE.	HALSBRÜCKE.
Soufre	19,852	22,847
Plomb	23,283	21,816
Fer	36,017	37,202
Cuivre	15,277	12,944
Nickel / Cobalt	2,329	0,544
Zinc	0,136	1,439
Argent	0,121	0,099
Arsenic	1,248	0,731
Antimoine	0,849	0,718
Total	98,912	98,340

Les mattes repassées sont envoyées au *travail de la matte.*

Les scories sont soumises avec les scories ordinaires à la fonte destinée à les appauvrir.

Observations.— Autrefois on employait pour la fonte des minerais au four à cuve une grande quantité de fondants plombeux provenant de la suite du traitement, dans le but de mieux rassembler l'argent dans le plomb d'œuvre; mais on s'est aperçu que cette pratique donnait lieu à des pertes de plomb considérables et l'on y a renoncé (1846). Aujourd'hui on n'ajoute plus de semblables fondants (litharges ou fonds de coupelles) que lorsque les lits de fusion contiennent des minerais d'argent riches. Encore l'addition ne se fait-elle que peu de temps avant la percée et sur la colonne de charbon du côté de la rustine; le plomb réduit tombe en pluie à travers la matte, et lui enlève une partie de l'argent qu'elle contient. On obtient ainsi un plomb d'œuvre plus riche que de coutume, et qui est porté directement à la coupellation.

Il reste un mot à dire des causes qui ont fait introduire le spath fluor dans les lits de fusion. On essaya d'abord, en 1843, de corriger l'acidité des scories plombeuses par l'emploi de fondants calcaires, et l'on put constater que la production de plomb d'œuvre était plus grande, et que la matte et la scorie étaient plus pauvres en plomb et en argent. Plus récemment on découvrit que le spath fluor

produisait les mêmes effets que le calcaire, et donnait en outre plus de fluidité à la scorie, et on le fit entrer définitivement dans le travail courant. Certaines mines en donnent en abondance, entre autres la mine royale de Churprinz, non loin de Halsbrücke; la préparation mécanique le sépare du minerai, soit sous forme de morceaux par le cassage, soit en sable par le lavage. A ce dernier état il se paye sur place 15 francs la tonne. L'industrie l'achète à un prix plus élevé, lorsqu'il est en gros fragments et bien pur.

Résultats économiques. — Pendant le deuxième semestre de 1862, dans l'usine de la Mulde, on a consacré à l'opération de la fonte plombeuse 1.938 jours de travail des fours à cuve, y compris 69 jours pour les mises en feu et hors feu.

On y a soumis 3.680 tonnes de minerai plombeux, 669t,5 de dürrerz, et 25t,5 de minerai cuivreux et zuschlagserz, — en tout 4.375 tonnes de minerai, contenant :

Argent, 6.880k,85. Plomb, 1.569t,66. Cuivre, 1t,99.

On a passé dans la même fonte 2.122 tonnes de matte crue grillée, contenant :

Argent, 2.865k,00. Plomb, 106t,10. Cuivre, 42t,44.

Et en outre 21 tonnes de fumées de grillage, et 6 tonnes de crasses venant de l'opération même.

On a consommé : pour la fonte proprement dite du minerai et pour le repassage de la matte plombeuse obtenue 19t,45 de spath fluor et 2.016 tonnes de coke; pour le grillage des mattes à repasser 123 tonnes de houille, enfin 16 mètres cubes de charbon de bois pour la mise en feu des fours.

On a employé 12.443 journées d'ouvriers spéciaux, et 4.541 journées de manœuvres.

Les produits de l'opération ont été les suivants :

225t,40 de plomb d'œuvre riche, à 772g,4 d'argent, pour la coupellation; 1.158 tonnes de plomb d'œuvre ordinaire,

à 521^{k},9 d'argent, pour le raffinage et la cristallisation; soit en tout 1.383^{t},40 de plomb d'œuvre, renfermant 7.785 kilogrammes d'argent;

206^{t},05 de matte plombeuse, à 250 grammes d'argent, 25 p. 100 de plomb, et 12 p. 100 de cuivre, résultant du repassage de 508^{t},75 de mattes de première fusion;

3^{t},50 de speiss argentifères, à 50 grammes d'argent et 2 p. 100 de cuivre;

Des crasses en quantité sensiblement égale à celle des mêmes produits soumis à la fonte;

Enfin 4.897^{t},3 de scories plombeuses, que l'on peut, d'après les essais, considérer comme tenant :

Argent, 1.422^{k},00. Plomb, 240^{t},60. Cuivre, 19^{t},74.

En résumé, les matières soumises à la fonte plombeuse renfermaient les quantités suivantes de métaux, constatées par les essais faits à l'usine :

Argent, 9.745^{k},85. Plomb, 1.676^{t},46. Cuivre, 44^{t},43.

On a retiré, dans la totalité des produits utilisables :

Argent, 9.724^{k},00. Plomb, 1.675^{t},50 (*). Cuivre, 44^{t},40.

— La seule comparaison de ces nombres, si peu différents les uns des autres, nous apprend que l'on ne peut espérer de leur part aucune indication relativement aux pertes de métaux faites dans l'opération; et il est facile de s'en rendre compte à cause de l'écart considérable qui existe entre les teneurs réelles des minerais et celles que leur attribuent les essais. Il suffira à cet égard de quelques mots d'explication.

(*) Ce chiffre ne tient pas compte de l'impureté du plomb d'œuvre, lequel renferme de 2 à 5 p. 100 de substances étrangères, ainsi que nous le verrons plus loin.

D'abord, les essais faits sur quelques échantillons de matières ne font assurément pas connaître la teneur exacte de ces produits ;—en second lieu, les essais des minerais par la voie sèche sont affectés de pertes notables en métaux, et assignent par conséquent aux substances soumises à la fusion une teneur trop faible ; l'erreur est probablement moins grande sur les produits de la fusion que sur les minerais eux-mêmes; — enfin, et cette dernière cause est la principale, les teneurs inscrites aux livres d'essais sont au-dessous de celles que les essais ont indiquées; en effet, il n'y est point tenu compte des quantités de métaux qui sont contenues dans les minerais, au-dessous de 10 grammes d'argent, 15 p. 100 de plomb et 1 p. 100 de cuivre; quant aux minerais plus riches, leur teneur est exprimée par des nombres croissants de 5 en 5 grammes aux 100 kilogrammes de minerai pour l'argent, jusqu'à 250 grammes, et de 10 en 10 grammes jusqu'à 2.000 grammes, de 5 en 5 kilogrammes pour le plomb, et de kilogramme en kilogramme pour le cuivre. Il en résulte qu'un minerai, tenant entre 125 et 130 grammes d'argent par exemple, sera inscrit à 125 grammes; s'il se trouve compris entre 360 et 370 grammes, il sera inscrit à 360 grammes; de même pour les autres métaux. De là un écart considérable entre la richesse véritable et la richesse inscrite dans les livres d'essais.

J'ai déjà dit qu'il n'existait aucun document qui permît de rétablir la teneur réelle des minerais livrés à l'usine, et par conséquent d'apprécier la perte véritable.

Les frais spéciaux de la fonte plombeuse pour les 6 derniers mois de l'année 1862, se répartissent comme il suit :

		fr.
Main-d'œuvre.	Surveillant, 129^j à 2^f,25.	290
	Fondeurs et chargeurs, 11.434^j.	21.876
	Grilleurs de mattes, 880^j à 1^f,50.	1.320
	Rouleurs, etc., 3.964^j à 1^f,20.	4.757
Combustible.	Coke de Potschappel, 1.569^t à 24^f.	37.656
	Coke des fabriques à gaz, 447^t à 18^f.	8.046
	Charbon de bois, 2^t.4.	240
	Houille, 123^t.	1.441
Fondants, 19^t,45 de spath fluor, à 17^f,70.		345
Soufflerie.		2.242
Bocardage de la matte.		1.420
Entretien des fours et outils.		5.777
	Total.	85.590

Soit par tonne de lit de fusion (minerai et matte) soumis à l'opération de la fonte plombeuse :

		fr.
Main-d'œuvre.	Fondeurs et surveillant, 1^j,778.	3,415
	Grilleurs de mattes, 0^j,136 à 1^f,20.	0,204
	Rouleurs, 0^j,612 à 1^f,20.	0,734
Combustible.	Coke, 0^t,310 ; et charbon de bois, 0^k,36.	7,075
	Houille pour grillage des mattes, 0^t,019.	0,222
Fondants, 0^t,003 de spath fluor, à 17^f,70.		0,053
Soufflerie et bocards.		0,566
Entretien des fours et outils.		0,891
	Total.	13,160

Fonte des scories (Bleischlacken-Arbeit).

Le but de l'opération est l'extraction des métaux utiles, et surtout de l'argent, contenus d'une part dans les scories de la fonte plombeuse, de l'autre dans les minerais pauvres appelés zuschlagserze et dans les dürrerze de faible teneur en argent.

Les deux sortes de matières traitées ensemble se prêtent un mutuel secours : les scories basiques, presque protosili-catées, de la fonte plombeuse, servent de fondants aux mi-nerais, qui sont en général très-quartzeux et ne pourraient traiter seuls avantageusement ; les minerais à leur tour, p

le soufre qu'il contiennent, servent à rassembler dans une matte les métaux qui se trouvaient perdus au milieu de la masse des scories. Il importe de ne pas former une trop grande quantité de matte, sous peine de l'avoir trop pauvre et difficile à traiter ultérieurement. De là la nécessité de faire subir aux minerais, cu au moins à une partie d'entre eux, un grillage préalable. On l'épargne aux minerais qui sont pauvres en pyrite.

Le grillage se fait, ainsi que nous l'avons vu, partie en stalles ou dans des fours à cuve, pour les minerais en morceaux ou agglomérés, partie dans des fours à réverbère, pour les minerais en poudre.

Fours de fusion.—La fonte s'opère dans des fours à réverbère spéciaux, désignés à l'usine sous le nom de *Schmelzflammenöfen*, et représentés par les *fig.* 5, 6, 7 et 8 de la Pl. II (four construit en 1862).

La chauffe est carrée et présente $1^m,05$ de côté; le pont a la même longueur sur $0^m,71$ de largeur, il s'élève à $0^m,28$ au-dessus de la sole, et à $0^m,66$ au-dessus de la grille qui, elle-même, est à $1^m,56$ de distance du fond du cendrier. La sole du four a $3^m,70$ et $2^m,29$ pour ses plus grandes dimensions, et s'abaisse vers le trou de coulée de $0^m,14$ au-dessous du niveau général; elle est constituée par un mélange intime de 5 parties de quartz et 1 partie de scories siliceuses de la fonte même; elle a été bien agglomérée à sa surface par un premier coup de feu, et a reçu dès l'abord une charge de scories destinée à la rendre bien compacte en tous points. Cette sole recouvre une couche de briques posées avec soin, et supportées elles-mêmes par des plaques de fonte reposant sur des piliers en brique.

La voûte présente en son milieu une trappe rectangulaire, que l'on ferme au moyen d'un couvercle en briques armé de fer et suspendu à un levier. Au-dessus de cette voûte se trouve une trémie en tôle qui, s'appuyant sur deux rails par de petites roues, peut être amenée sur la trappe

ou en être éloignée à volonté. Sur l'un des côtés du four se voit le trou de coulée pour la matte, au-dessous d'une plate-bande en briques portée par des marâtres de fonte; de l'autre côté est une porte qui, habituellement fermée et lutée avec de l'argile, ne s'ouvre que pour les réparations. La porte de travail, large de 0m,38, est à l'extrémité du grand axe du four; elle est munie d'une barre de fer destinée à supporter les outils. Un rampant conduit les gaz à la cheminée, haute de 17 mètres à compter du sol de l'usine.

Devant le trou de coulée sont établis des moules en fonte ayant la forme de troncs de pyramide renversés, communiquant ensemble par des échancrures qui font l'office de déversoirs.

Enfin devant la porte de travail, on pratique dans une masse de gravier mêlé de fraisil de coke, des bassins plus ou moins réguliers rangés à la file, où plus tard on fera déverser la scorie fluide. Pour obtenir avec cette scorie de grosses pierres régulières, il suffit de disposer devant les bassins de brasque des moules formés de deux plaques de fonte recourbées en équerre, et d'y amener la scorie par des canaux de coulée creusés à la surface du sable.

Opération. — L'opération se conduit de la manière suivante. Le four étant chaud et vide, on fait descendre de la trémie une charge formée par portions égales de scories plombeuses et de minerai, ordinairement 750 kilogrammes de scories avec 400 à 450 kilogrammes de minerai grillé, et 300 à 350 kilogrammes de minerai cru. Le fondeur étale aussitôt avec un râble les matières introduites, en les accumulant un peu vers le pont, puis il ferme la porte de travail et bouche tous les interstices avec du sable humide. Pendant ce temps le chauffeur nettoie la grille, remplit le foyer et en ferme presque entièrement la porte avec du fraisil de coke, afin de pousser rapidement la température sans avoir une atmosphère oxydante. La houille contient beau-

coup de cendres, et il faut nettoyer et piquer la grille tous les quarts d'heure.

Au bout de 2 heures 1/2, la charge est presque entièrement fondue, l'ouvrier soulève par un levier à contre-poids la porte en briques de l'extrémité du four, il remue les matières avec un râble, laisse de nouveau tomber la porte, et ce n'est qu'au bout d'un quart d'heure d'un feu très-vif qu'il commence à faire couler les scories.

Pour cela il écume en quelque sorte la surface du bain en fusion au moyen d'un râble de $0^m,20$ sur $0^m,06$ à $0^m,08$, qu'il appuie sur le barreau de fer établi devant la porte de travail, et dont il se sert comme d'un râteau. La scorie coule à flots dans le premier bassin de sable et, lorsqu'il est plein, passe successivement dans les autres bassins et dans les moules.

Cela ne dure pas plus de 5 minutes, et 10 minutes après on sort les pierres de scories de leurs moules. L'ouvrier fait immédiatement descendre de la trémie la charge suivante préparée à l'avance, l'étale et conduit la fusion comme précédemment.

Après 3 charges successives on perce le trou de coulée, et la matte en fusion, se déversant successivement dans les moules en fonte, y forme des pains de 220 à 230 kilogrammes.

Lorsque la coulée est finie, avant de faire un nouveau chargement, le fondeur s'occupe pendant quelques minutes de réparer la sole et surtout le pont avec des pelotes d'argile mêlée de quartz (5 parties d'argile pour 2 de quartz) qu'il tamponne au moyen d'une cuiller à long manche. Grâce à ces réparations régulières, la sole du four peut faire des campagnes d'une année en moyenne. La voûte peut durer 1 1/2 à 2 ans.

Un four reçoit en 24 heures ordinairement 7 charges de 750 kilogrammes, ou 5.250 kilogrammes de minerai et autant de scories plombeuses, et brûle 5.500 à 5.600 kilo-

grammes de houille (les 3/4 de 2ᵉ qualité) ; il produit dans le même temps 2.500 kilogrammes de matte crue.

Produits. — La *matte* est enlevée des moules au moyen de crochets de fer implantés dans la matière encore en fusion; elle est cassée au marteau sous une halle voisine, puis grillée dans les stalles de Wellner, ou, à défaut de celles-ci, en tas construits à l'air libre, comme je l'ai déjà dit plus haut. Elles doivent après grillage passer à la fonte plombeuse dans les fours à cuve.

Les essais faits à l'usine en 1862 lui assignent une teneur de 135 grammes d'argent, 5 p. 100 de plomb, 2 p. 100 de cuivre. Voici le résultat de deux analyses complètes (d'après Richter) :

Soufre	26,702	23,43
Arsenic. Antimoine	0,240	0,84
Fer	57,781	53,81
Plomb	4,996	7,35
Cuivre	4,416	3,87
Zinc. Nickel	2,618 1,312	7,65
Silice	»	2,11
Argent	0,086	»
	98,151	99,06

La matte crue (*Rohstein*) a une cassure noire et terne, elle est tenace et résiste bien au marteau. On y aperçoit des mouches de blende, et, dit-on, du fer oxydulé qui parfois forme dans les cavités de très-petits octaèdres discernables à la loupe. On y trouve aussi quelques portions de scories.

La *scorie* a une couleur foncée d'un brun noir, les essais de l'usine lui attribuent une teneur de 0ᵍ,507 d'argent, et 1,5189 p. 100 de plomb. Voici les résultats de deux analyses complètes :

Silice.	34,30	36,68
Alumine.	4,65	4,65
Oxyde de fer.	41,96	42,12
Chaux.	7,45	2,17
Magnésie. / Oxyde de manganèse.	1,30	0,65
Oxyde de cuivre.	0,15	0,32
Oxyde de plomb.	0,98	1,94
Oxyde de zinc.	7,75	7,30
Soufre.	»	2,85
	98,54	98,58

La présence du soufre peut être attribuée à de fines grenailles de mattes, ou à des sulfures de calcium ou de zinc. La scorie est, par sa composition, intermédiaire entre les protosilicates et les bisilicates, mais se rapproche davantage de ces derniers; aussi se refroidit-elle assez lentement et est-elle assez peu fragile pour être employée à l'état de pierres régulières dans les constructions. (On a remarqué qu'il y avait avantage à se servir de ces pierres lorsqu'elles étaient encore chaudes).

Le degré d'acidité de la scorie et surtout sa teneur en zinc, soit à l'état d'oxyde, soit à l'état de sulfure, font qu'elle n'acquiert dans le four qu'une fluidité incomplète; aussi doit-on toujours craindre qu'elle n'entraîne des parcelles de mattes. On espère les faire déposer dans le fond des premiers bassins de coulée, et, avant de porter les gâteaux de scories sur la halde, on les casse au marteau et l'on examine avec soin si les morceaux contiennent assez de matte pour mériter une seconde fusion.

Résultats économiques. — Les 4.897^t,05 de scories provenant de la fonte plombeuse, ont été fondues avec 5.256^t,3 de minerai argentifère assez pauvre en métaux, dont une moitié environ (2.419^t,3) avait été préalablement grillée. Ce minerai se composait de :

2.257^{t},18 de Dürrerz, à la teneur moyenne de 50^{g},5 d'argent aux 100 kilogrammes.

144^{t},98 de minerai cuivreux, à 45^{g},6 d'argent, et 1,1 p. 100 de cuivre.

2.854,15 de Zuschlagserz, à 15^{g},6 d'argent et 0,007 p. 100 de cuivre.

La quantité des métaux contenus était :

Dans la scorie plombeuse :			
	Argent, 1.422^{k},00.	Plomb, 240^{t},53.	Cuivre, 19^{t},74.
Dans le minerai :			
	Argent, 1.655^{k},92.	Plomb, —	Cuivre, 2^{t},30.
Soit en tout.	3.077^{k},92.	240^{t},53.	22^{t},04.

On a retiré de la fonte au réverbère 2.320 tonnes de matte crue et 7.957 tonnes de scories à rejeter. D'après les essais, dont les résultats moyens sont indiqués plus haut, les quantités de métaux contenues dans ces deux produits étaient les suivantes :

Dans la matte :	Argent,	3.034^{k}.00.	Plomb,	112^{t},15.	Cuivre,	46^{t},40.
Dans la scorie :	—	40^{k},34.	—	120^{t},85.	—	—
Dans la totalité :	—	3.074^{t},34	—	233^{t},00.	—	46^{t},40.

Il y aurait donc une faible perte par volatilisation sur l'argent et sur le plomb, et une augmentation de rendement sur le cuivre.

Mais il faut appliquer ici de nouveau ce que j'ai dit plus haut au sujet de la fonte plombeuse : la quantité de métal contenue dans les minerais est notablement supérieure à celle qu'accusent les livres de l'usine; les chiffres qu'ils fournissent donnent une idée fort incomplète de la perte qui a réellement lieu.

Quant à la perte spécialement due à l'entraînement dans

les scories qui doivent être rejetées, nous voyons qu'elle s'élève à

$40^k,34$ d'argent, ou 1,3 pour 100,
$120^t,85$ de plomb, ou 50,2 pour 100,

de la quantité de ces métaux reconnue dans les essais.

L'opération de la fonte des scories entraîne avec elle deux autres opérations accessoires, le grillage d'une partie des minerais qui doivent y être soumis, et le grillage des mattes crues qui en résultent, destinées à la fonte plombeuse. Il convient donc de rapprocher ces trois opérations, dans le relevé des frais spéciaux qu'elles comportent.

Dans la seconde moitié de l'année 1862, on a soumis au *grillage* $2.419^t,30$ de minerai, savoir : $2.043^t,14$ de minerai fin dans des fours à réverbère, et $376^t,16$ de minerai en morceaux, dans les stalles ou les kilns. Ce grillage a demandé les consommations suivantes :

		Frais spéciaux de la campagne.		Soit pour une tonne de minerais à griller.	
			fr.		fr.
Main-d'œuvre.	Grilleurs.. .	4.661 journées à $1^f,50$	6.991,50	$2^j,205$. . . .	3,266
	Manœuvres.	675 journées à $1^f,20$	810,00		
Combustible. .	Houille.. . .	$504^t,42$.	7.035,75	$0^t,208$. . . .	2,908
	Copeaux et vieux bois, 9 tonnes. . .		90,00	$0^t,0037$. . .	0,037
Entretien des fours et outils.			1.778,00	. . . .	0,520
		Total.	14.927,25	Total. . .	6,731

La *fonte* proprement dite, exécutée sur $4.897^t,5$ de scories et $5.256^t,3$ de minerai, a employé 1.041 jours de travail des fours, y compris 30 jours pour les réparations.

En faisant entrer dans la main-d'œuvre quelques travaux accessoires, notamment le transport des scories et des cendres sur la halde, on trouve que les dépenses ont été les suivantes pour cette campagne :

		Frais spéciaux de la campagne.		Soit pour une tonne de lit de fusion.	
			fr.		fr.
Main-d'œuvre.	Fondeurs	8.096 journées.	14.720	$1^{j},310$ (Fondeurs et Manœuvres)	2,066 (Fondeurs et Manœuvres)
	Manœuvres	5.214 journées.	6.257		
	Pour travaux accessoires	2.083 journées.	2.500	0,203	0,244
Combustible.	Houille	$5.383^{t},3$	76.502	0,532 (Houille et Lignite)	7,572 (Houille et Lignite)
	Lignite	$26^{t},5$	412		
Entretien des fours et outils			13.162		1,298
		Total	113.553	Total	11,180

La fonte au réverbère a produit 2.320 tonnes de matte crue, mais 198 tonnes ont été mises en réserve pour une autre campagne ; le *grillage* en stalles n'a donc eu pour objet que 2.122 tonnes, entrées ensuite, ainsi que nous l'avons vu dans la fonte plombeuse.

Les frais spéciaux du grillage ont été les suivants :

	Frais spéciaux de la campagne.		Soit pour une tonne de matte crue.	
		fr.		fr.
Main-d'œuvre.	Grilleurs, 604 journées à $1^{f},20$ et $1^{f},50$.	794,10	$0^{j},925$ (Grilleurs et Manœuvres)	1,142 (Grilleurs et Manœuvres)
	Manœuvres, 1.359 journées à $1^{f},20$.	1.630,80		
Combustible.	Copeaux et vieux bois, $31^{t},6$.	316,40	0,015	0,149
	Houille. $17^{t},7$ à $15^{f},15$.	268,15	0,008	0,126
	Coke des usines à gaz. $19^{t},6$ à $18^{f},00$.	352,80	0,009	0,166
	Escarbilles. $38^{t},4$ à $10^{f},00$	384,00	0,018	0,181
Entretien des stalles et des outils		641,00		0,302
	Total	4.387,25	Total	2,065

Remarques générales sur l'opération.— Influence du zinc. — La proportion du zinc a une influence considérable dans l'opération de la fonte des scories et dans celles qui en dérivent; car d'une part la scorie imparfaitement fluide donne lieu, dans cette fonte même, à des pertes de métaux par entraînement ; de l'autre, la matte étant rendue tenace et compacte par la présence du zinc, le grillage ultérieur en devient plus difficile soit dans les stalles, soit dans les fours à réverbère ; enfin le zinc de la matte grillée est encore une cause d'embarras dans la fonte plombeuse. La difficulté a été en croissant depuis plusieurs années, parce que les minerais reçus à l'usine sont devenus plus blendeux. Les

minerais qui passent à la fonte plombeuse renferment en moyenne 8 p. 100 de zinc, tandis que ceux qui sont envoyés à la fonte des scories en tiennent de 13 à 14 p. 100.

On a fait en 1854 des essais pour chasser le zinc en le volatilisant pendant la fusion (*). Pour cela, on ajoutait au lit de fusion un mélange de coke ou de lignite à l'état de fraisil dans les proportions suivantes : pour 1.500 kilogrammes de lit de fusion (formés à cette époque de 1.200 kilogrammes de scories plombeuses, 200 kilogrammes de minerai bien grillé et 100 kilogrammes de minerai cru), on employait 75 kilogrammes de coke finement pulvérisé et 50 kilogrammes de spath fluor. Cette addition de charbon avait son plus grand effet, lorsqu'elle était faite avec la charge qui devait précéder la coulée de matte.

Le charbon agissait comme réductif sur l'oxyde de fer très-abondant du lit de fusion, et par son intermédiaire sur l'oxyde de zinc dont le métal était volatilisé. La scorie, devenue plus pauvre en oxyde de zinc, mais restant très-chargée en oxyde de fer, réagissait à son tour sur la matte, et il se produisait, par double décomposition, d'un côté du sulfure de fer, et de l'autre de l'oxyde de zinc dont la scorie s'emparait. Elle conservait donc en définitive à peu près la même composition chimique, tandis que la matte arrivait à contenir beaucoup moins de zinc ; c'est ce que montrent les résultats d'analyses suivants (voir page 55).

La matte perdait l'aspect noirâtre, terne et grenu, que lui donne la présence de la blende, et se rapprochait des mattes anciennes produites au four à cuve avec des minerais moins blendeux.

(*) Plattner. *Allgemeine Hüttenkunde*, p. 114.

		SANS ADDITION de coke.	AVEC ADDITION de coke.
MATTE.	Fer	36,55	45,54
	Zinc	13,10	4,65
	Cuivre	5,21	6,70
	Plomb	9,32	7,98
SCORIE.	Silice	34,30	36,08
	Alumine	4,65	3,36
	Oxyde de fer	41,96	40,86
	Chaux	7,45	7,96
	Magnésie Oxyde de manganèse	1,30	1,75
	Oxydule de cuivre	0,15	0,18
	Oxyde de plomb	0,98	0,73
	Oxyde de zinc	7,75	6,66
	Soufre	0,80	1,92

Mais à côté de l'avantage trouvé dans l'expulsion du zinc se présentaient des inconvénients assez graves : le temps de la fusion était beaucoup plus long, et il fallait employer plus de combustible; la scorie était en quelque sorte mousseuse et se séparait difficilement de la matte; on obtenait donc une plus grande quantité de scories impures qu'il fallait repasser à une autre fusion; enfin il se produisait par volatilisation des pertes assez notables en argent et surtout en plomb. En conséquence les essais furent entièrement abandonnés.

Ce qui produit aujourd'hui les meilleurs résultats est un grillage très-avancé des minerais pauvres blendeux. L'oxyde de zinc est une base assez énergique, et qui, surtout en présence d'une forte proportion d'oxyde de fer, ne tend pas à se transformer en sulfure. Il arrive même, comme nous venons de le dire, que l'oxyde de fer des scories à une haute température réagisse sur le sulfure de zinc existant dans la couche de mattes, en donnant lieu à de l'oxyde de zinc et à du sulfure de fer. Cette influence se trouvera favorisée par toutes les circonstances qui rendront plus intime le contact de la matte et de la scorie, et en cela on peut attendre un heureux effet, d'abord du brassage que fait l'ouvrier avant la fusion complète, puis de l'étendue

que présente dans un four à réverbère la surface commune des deux couches de matières fondues.

Ancienne méthode : fonte au four à cuve. — Autrefois le travail était fort différent de ce qu'il est aujourd'hui : les scories les plus riches de la fonte plombeuse étaient repassées dans les mêmes fours (*Veränderung*), à peu près comme l'est aujourd'hui la matte. On ne soumettait, comme de juste, à cette opération d'appauvrissement, que la partie des scories qui était assez riche pour en couvrir les frais ; on mettait les autres à part sur la halde dans l'espérance de les pouvoir retraiter plus tard (on les a reprises en effet depuis et l'on en passe chaque année une partie dans la fonte au réverbère).

On faisait d'autre part une *fonte crue* (*Roharbeit*), entièrement distincte du repassage des scories, et dont le but était la production d'une matte crue au moyen des minerais pauvres en plomb et plus ou moins pyriteux ; on n'ajoutait de scories plombeuses que ce qu'il en fallait pour une bonne marche. Cette fonte s'exécutait dans un four à cuve simple, d'ailleurs analogue pour sa forme et ses dimensions en profondeur au four double de la fonte plombeuse actuelle ; mais depuis 1835 on y employait l'air chaud, qui permettait une grande économie de combustible.

On aurait voulu pouvoir dans cette opération passer une très-forte proportion de scories plombeuses, afin d'extraire les métaux restés, sinon dans les scories des années précédentes, au moins dans celles du travail courant. Mais loin de là : on ne pouvait avec 1.000 kilogrammes de minerai ajouter que 1.150 kilogrammes de scories en marchant à l'air froid, et 800 kilogrammes seulement à l'air chaud. Si cette proportion venait à être dépassée, le lit de fusion, devenant trop basique, détruisait rapidement les parois du four ; les campagnes devenaient trop courtes, et par suite trop coûteuses. La fonte devait d'ailleurs toujours être menée lentement, et le four ne recevait guère plus de

3 tonnes de lit de fusion, ou 1.400 à 1.500 kilogrammes de minerai en 24 heures.

La proportion des minerais plombeux devenant chaque année plus grande, la quantité des scories qu'il fallait abandonner augmentait sans cesse, et avec elle la quantité des métaux perdus.

Nouvelle méthode : fonte au réverbère. — C'est alors que l'on entreprit des essais de fonte au réverbère, et dès les premières années les résultats en furent assez décisifs, pour que l'on se déterminât à introduire cette opération dans le traitement ordinaire (1852). On employait alors de 5 à 10 parties de minerai cru (zuschlagserz) avec une quantité variable, mais toujours inférieure à 30 parties, de minerai grillé, pour 100 de scories plombeuses. — On passait en 24 heures environ 10 tonnes de lit de fusion, et l'on en retirait de 2.500 à 3.000 kilogrammes de matte avec une teneur de 80 à 160 grammes d'argent, 8 à 12 p. 100 de plomb et 1 à 3 p. 100 de cuivre. Les scories ne retenaient que des traces d'argent et 1 à 1,5 p. 100 de plomb.

On trouva à l'emploi de ces fours les avantages suivants : économie pour la même production ; production beaucoup plus considérable que dans les fours à cuve ; enfin faculté d'avoir des lits de fusion plus basiques et de soumettre à la fonte une proportion de scories bien plus grande. Dès lors, il devint possible d'appauvrir toutes les scories plombeuses du travail courant, et même une partie en outre des scories laissées en réserve sur la halde ; on put en conséquence forcer la production des fours à cuve dans la fonte plombeuse et la porter de 2 jusqu'à 3 tonnes de minerai en 24 heures, sans crainte d'accroître la teneur des scories, puisque désormais elles devaient être retraitées.

Peu à peu les usines acceptèrent des minerais plus pauvres et aujourd'hui, tout en continuant de refondre toutes leurs scories plombeuses, elles en sont revenues à passer avec elles une proportion de minerai comparable à celle qui leur

était imposée autrefois par l'emploi des fours à cuve, c'est-à-dire égale ou supérieure à celle des scories plombeuses.

La basicité du lit de fusion, qui pouvait être, il y a quelques années, invoquée comme un argument décisif contre la méthode de fusion au four à cuve, ne serait donc plus aujourd'hui un obstacle à l'emploi de cette méthode. Il faut chercher ailleurs les motifs qui font maintenir la préférence aux fours à réverbère, et pour cela comparer brièvement les deux procédés de fusion, au double point de vue technique et économique.

Comparaison. — Au point de vue technique, il importe surtout d'examiner le rôle des matières blendeuses dans l'opération, car c'est de leur présence en quantité croissante que dérivent aujourd'hui les principales difficultés.

Nous avons vu que la blende nuit à la fonte au réverbère, et par le défaut de fluidité qu'elle communique à la scorie, source de pertes en métaux, et par la compacité qu'elle donne à la matte crue, dont le grillage ultérieur est rendu plus difficile. On ne parvient pas à se soustraire entièrement à son influence en poussant plus loin le grillage des minerais.

Son influence n'est pas moins à craindre sur la fonte au four à cuve. Celle-ci peut, à la vérité, fournir une matte et une scorie plus pures, si l'oxyde de zinc produit par le grillage de la blende est réduit en partie et le métal volatilisé ; mais alors un autre inconvénient se présente : le zinc, rencontrant dans les régions supérieures du four soit une atmosphère oxydante, soit des vapeurs de soufre produites par la distillation des pyrites, donne naissance à des cadmies ou à des dépôts blendeux qui ne permettent pas de prolonger une campagne au delà de 3 ou 4 semaines.

La volatilisation du zinc dans les fours à cuve a un autre danger, elle doit donner lieu à des pertes par volatilisation en plomb et en argent ; et ces pertes, bien moins importantes sans doute que celles de la fonte plombeuse, peuvent

encore être notables, puisque le lit de fusion renferme environ 30 grammes d'argent aux 100 kilogrammes (*).

Au point de vue des frais spéciaux que nécessite la fonte des scories, l'avantage du four à réverbère ne saurait être contesté.

Un seul four reçoit en 24 heures 10 tonnes 1/2 de lit de fusion, tandis qu'un four à cuve ne passait dans le même temps que 3 tonnes environ d'un lit de fusion analogue. Un seul réverbère équivaut donc au moins à 3 anciens fours.

Le personnel des ouvriers n'atteint pas aujourd'hui la moitié de ce qu'il était alors. Nous avons vu que pour 1 tonne de lit de fusion, la main-d'œuvre est de 1 1/3 journée d'ouvrier et coûte 2f,07. Elle dépassait autrefois 3 journées et coûtait 4f,35.

Enfin la consommation de coke s'élevait à 0t,333 par tonne de lit de fusion, représentant au prix actuel une valeur de 8 francs. Au réverbère on consomme 0t,532 de houille, revenant à 7f,57 par tonne de lit de fusion.

(*) Tous les ingénieurs ne sont pas encore aujourd'hui d'accord sur l'importance probable de ces pertes en métaux, et plusieurs d'entre eux, à l'école de Freiberg, sont portés à les évaluer assez bas. Il n'a été fait d'expériences à ce sujet dans aucune opération de fonte crue, et l'on peut citer contradictoirement, d'une part les expériences bien connues de M. Durocher, dans lesquelles les pertes se sont élevées jusqu'à 75 pour 100 de l'argent, d'autre part, l'essai fait à Freiberg de la réduction par le charbon d'un minerai grillé, formé de blende et de galène argentifère : le zinc résultant de la distillation s'est trouvé presque totalement exempt d'argent, bien qu'une petite partie du plomb eût passé avec le zinc dans le condenseur.

Néanmoins, il paraît difficile à croire que dans une opération en grand dans un four à cuve, il n'y ait pas perte notable d'argent par volatilisation sous l'influence du zinc; on est éclairé à cet égard par les exemples de l'usine de Przibram, où la perte est évaluée à 8 pour 100 de l'argent, et de l'usine de Lautenthal, où le rendement en argent, dans l'ensemble des opérations, est inférieur de 5 pour 100 à celui des autres usines du Harz, dont les minerais sont moins blendeux.

Les frais d'entretien des fours et des outils ont seuls été augmentés par suite de la substitution des fours à réverbère aux fours à cuve : ils arrivaient à 0f,80 et 0f,90 par tonne de lit de fusion et se portent aujourd'hui à 1f,30.

En résumé, la totalité des frais spéciaux s'est abaissée de 13f,20 à 10f,94 ou de 2f,26 par tonne de lit de fusion.

Si donc, au point de vue de la perfection technique de l'opération et de la qualité de ses produits, la supériorité du four à réverbère sur le four à cuve peut encore être jusqu'à un certain point un sujet de discussions, il n'en est pas de même au point de vue de l'économie des frais spéciaux et de la production journalière ; et l'on peut dire que devant le rapide accroissement de la proportion des minerais de faible teneur, maigres ou pyriteux, l'introduction de la fonte au réverbère a été un fait d'une importance considérable.

Utilisation de la blende. — On vient de voir que les usines de Freiberg ont, comme beaucoup d'autres usines à plomb, fort à souffrir de la quantité de blende que renferment leurs minerais. Il serait fort heureux, et pour elles et pour les mines qui produisent ces minerais blendeux, que l'on pût en tirer parti ; mais les tentatives faites jusqu'à ce jour, soit pour se délivrer du zinc sans perte d'argent, soit pour l'utiliser, n'ont pas réussi. On a essayé d'avoir une usine à zinc, et de traiter les minerais très-blendeux par grillage, et réduction dans des creusets ; mais la *blende noire*, qui est de beaucoup prédominante, se laissait mal griller ; de plus, le produit étant très-ferreux perçait rapidement les creusets de terre réfractaire, fort chers d'ailleurs à cause de la difficulté de se procurer de l'argile de bonne qualité ; le plomb distillait en partie avec le zinc et le rendait impur ; enfin le prix du zinc était trop bas pour couvrir les frais d'extraction.

On ne renonce pourtant pas à l'idée de créer une usine à zinc, mais sur d'autres bases. Un mot suffira pour caractériser la méthode que l'on a en vue :

Elle consisterait à griller aussi complétement que possible les minerais à plus de 30 ou 35 p. 100 de zinc, et à les traiter ensuite par l'acide chlorhydrique en dissolution étendue. Le grillage ayant donné lieu à un composé d'oxydes de fer et de zinc analogue à la Franklinite, l'oxyde de zinc serait dissous avec très-peu d'oxyde de fer par une quantité convenable d'acide; le plomb resterait insoluble. On se contenterait d'enlever ainsi aux minerais 50 à 60 p. 100 de leur zinc, puis on précipiterait l'oxyde de zinc par la chaux, et on le soumettrait ensuite à la réduction et à la distillation, sans avoir à craindre ni le plomb ni le fer.

Les expériences dirigées dans ce sens ont donné de bons résultats, mais les essais en grand restent encore à faire.

La fabrication du chlorure de zinc donnerait lieu à la création d'une fabrique d'acide chlorhydrique et de sulfate de soude; située dans le voisinage de la grande usine de la Mulde, elle aurait l'acide sulfurique à bas prix, et serait dans la position la plus désirable pour une fabrique de produits chimiques.

Résumé. — Avant de passer à l'étude des autres parties du traitement, nous allons présenter la récapitulation des dépenses, produits et pertes de métaux, auxquels donnent lieu les opérations précédentes, ayant pour but la production du plomb d'œuvre et de la matte, à savoir : grillage des minerais, fonte plombeuse, fonte des scories et grillage des mattes crues qui doivent rentrer dans la fonte plombeuse. Nous rapporterons tous les résultats à la tonne de minerai soumis à ces opérations (*).

(*) Nous appliquons dès à présent les corrections, dont la cause sera indiquée un peu plus loin (fin du chapitre sur le travail des mattes), relatives aux proportions de matières mises en œuvre dans chacune des opérations; nous admettons, par conséquent, que l'on soumet à la fonte plombeuse 2.478 tonnes de matte crue, et par suite à la fonte au réverbère 5.147 tonnes de scories plom-

Les minerais traités se rangent en deux parts : les uns appartenant à la catégorie des minerais riches en plomb ou en argent, sont destinés à la fonte plombeuse ; les autres, se rapportant à la classe des minerais pauvres plus ou moins pyriteux, vont à la fonte des scories plombeuses. Ceux-ci atteignent la proportion de 544^k,7, pour 455^k,3 des premiers.

Les 455^k,3 de minerais plombeux sont grillés dans des fours à réverbère, puis soumis à la fonte au four à cuve avec 257^k,3 de matte crue ; on retire de cette opération 143^k,6 de plomb d'œuvre, 29^k,8 de matte plombeuse, 534 kilogrammes de scories plombeuses, enfin 0^k,36 de speiss argentifères dont nous ne suivrons pas plus loin le traitement.

Les scories plombeuses passent au four à réverbère avec les 544^k,7 de minerais pauvres, dont une partie, s'élevant à 251 kilogrammes, a été préalablement grillée. Cette fonte produit 853 kilogrammes de scories pauvres à rejeter, et 240^k,9 de matte crue, qui est soumise au grillage en stalles avec 16^t,4 de matte crue résultant du travail ultérieur des mattes plombeuses.

Les frais spéciaux des diverses opérations dont nous venons de parler sont présentés par le tableau suivant :

---

beuses, au lieu des 2.122 tonnes de matte crue et des 4.837 tonnes de scories qui sont réellement entrées dans ces opérations pendant la campagne du deuxième semestre 1862.

OPÉRATIONS.	MAIN-D'OEUVRE.		COMBUSTIBLE. Houille.		Coke.		Bois.		FONDANTS spath-fluor.		Soufflerie et bocards.	Entretien des fours et outils.	Somme.
	Journées.	Prix.	Poids en tonnes.	Prix.	Poids.	Prix.	Poids.	Prix.	Poids.	Prix.	Prix.	Prix.	Prix.
	journ.	fr.	tonne	fr.	tonne	fr.	tonne	fr.	tonne	fr.	fr.	fr.	fr.
Grillage du minerai plombeux. . .	0,988	1,483	0,098	1,329	»	»	»	»	»	»	»	0,235	3,047
Fonte plombeuse .	1,800	3,100	0,014	0,182	0,221	5,035	»	»	0,002	0,036	0,402	0,634	9,389
Grillage du minerai pyriteux. . .	0,549	0,813	0,052	0,724	»	»	0,009	0.091	»	»	»	0,012	1,640
Fonte des scories.	1,631	2,491	0,574	8,166	»	»	»	»	»	»	»	1.301	11,958
Grillage de la matte crue.	0,237	0,293	0,002	0,033	0,007	0,089	0,004	0,040	»	»	»	0,077	0,532
Total	5,205	8,180	0,740	10,434	0,228	5,124	0,013	0,131	0,002	0,036	0,402	2,259	26,566

Pertes de métaux. — Quant aux pertes de métaux, j'ai déjà expliqué comment le mode d'achat des minerais en rendait toute estimation impossible. Je ne puis donc indiquer ici que les *pertes apparentes*, c'est-à-dire celles qui ressortent des livres de l'usine.

La totalité des minerais soumis à la fonte plombeuse ou à la fonte des scories contenait :

Argent, 8.536k,77. Plomb, 1.569t,86. Cuivre, 4t,29.

On a obtenu dans les produits utilisables, plomb d'œuvre, matte plombeuse et speiss :

Argent, 8.471k,00. Plomb, 1.441t,04. Cuivre, 28t,62.

Il y a eu, par conséquent :

Perte d'argent, 65k,77 ou 0,77 p. 100 du métal contenu.
Perte de plomb, 128t,82 ou 8,20 p. 100 —

L'excès de rendement du cuivre, ou 24t,33, est presque six fois égal à la quantité de ce métal accusée par les essais lors de l'achat du minerai.

Les scories rejetées renferment encore :

Argent, 40k,34, soit 0,47 p. 100 du métal mis en œuvre.
Plomb, 120t,85, 7,70 p. 100 —

Il ne resterait donc, pour la perte par volatilisation ou entraînement dans les fumées, que :

25k,43 d'argent ou 0,30 p. 100 du métal.
7k,97 de plomb ou 0,50 p. 100 —

Mais je rappelle encore une fois que ces résultats n'ont point d'intérêt au point de vue scientifique; car ils sont bien loin d'exprimer les pertes réelles du traitement.

II.

TRAVAIL DES MATTES PLOMBEUSES.

Les mattes résultant de la fonte plombeuse peuvent être en quelque sorte considérées comme des minerais dépourvus de gangues terreuses; elles subissent, dans les usines de Freiberg, un traitement analogue à celui des minerais plombeux, avec les seules différences que nécessite une plus grande richesse en métaux, et particulièrement en cuivre.

Elles sont d'abord soumises à un *grillage* qui se fait quelquefois en stalles, plus souvent après pulvérisation dans des fours à réverbère; puis elles sont fondues avec addition de matières cuivreuses dans des fours à cuves doubles, identiques aux fours de fusion des minerais. Cette opération est ordinairement répétée deux fois, dans des conditions à peine différentes, comme nous allons le voir.

Première fonte. — Le but que l'on se propose d'atteindre est de réunir dans un nouveau plomb d'œuvre la majeure partie de l'argent et du plomb retenus dans la matte, d'enlever à l'état de scories une assez grande proportion du fer oxydé par le grillage, enfin de concentrer le cuivre de la matte et celui des matières ajoutées dans une nouvelle matte plus riche que la précédente.

On passe avec les mattes grillées des minerais cuivreux, également grillés d'avance, et l'on emploie comme fondants,

avec une petite quantité de spath fluor, des scories provenant de la réduction des litharges au four à cuve et de la concentration des mattes cuivreuses au réverbère. Les premières jouent le rôle de fondants siliceux, car nous verrons que leur composition est très-acide ; les scories de concentration sont aussi de nature acide, et elles ont en outre besoin d'être appauvries en cuivre.

Le travail se fait comme celui de la fonte plombeuse, à cette différence près, que les tuyères, au lieu d'être légèrement inclinées vers l'intérieur du four, sont ici complétement horizontales, et que la profondeur du creuset est un peu plus grande, atteignant $0^m,53$ au lieu de $0^m,43$ au-dessous des tuyères.

On s'arrange de manière que le lit de fusion contienne environ 100 parties de plomb pour 1 partie d'argent. Cette proportion, sans avoir rien d'absolu, a été trouvée la plus convenable pour réunir l'argent dans le plomb d'œuvre avec le moins de pertes possible. Afin de mieux appauvrir les mattes, on ajoutait autrefois beaucoup de fondants plombeux, litharges, fonds de coupelle, etc. On a renoncé aujourd'hui à de semblables additions, qui donnaient lieu à des pertes en plomb considérables.

Un four reçoit en 24 heures :

		soit p. 1.000 de matte.
3.500 à 4.000^k	de matte grillée.	
800 à 650^k	de minerai de cuivre grillé	200^k
950^k	de scories de révivification	240^k
150^k	de spath fluor	40^k
5.750^k		

On repasse, en outre, 500 à 600 kilogrammes de scories de la même opération.

La consommation de coke s'élève à $0^t,34$ par tonne de matte ou $0^t,25$ par tonne de lit de fusion.

On retire : environ $0^t,8$ de plomb d'œuvre un peu cuivreux, à 650 grammes d'argent :

— 1t,2 de matte de cuivre à 200 grammes d'argent, 38 p. 100 de cuivre et 20 p. 100 de plomb;

— des scories basiques qui retiennent assez de métal pour mériter une nouvelle fusion;

— enfin un speiss, de densité intermédiaire entre celle du plomb et celle de la matte, dans lequel se concentrent les arséniures de fer, cuivre, nickel et cobalt. Ce produit forme une couche mince, d'un blanc jaunâtre, cristalline et aigre, assez adhérente à la matte pour qu'on ne puisse l'en séparer entièrement par le cassage.

Les analyses en sont trop divergentes pour qu'il y ait aucun intérêt à y chercher une moyenne.

Celles des autres produits de la fonte des mattes offrent plus d'intérêt, à cause de la constance au moins relative de leur composition.

La *matte* de cuivre a présenté les éléments suivants, d'après une analyse de M. Ihle :

Soufre	21,00
Plomb	24,80
Fer	15,20
Cuivre	36,20
Argent	0,16
Nickel, Zinc, Antimoine	2,64
	100,00

M. Brooks a donné de la scorie l'analyse suivante :

Silice	28,05
Oxyde de fer	62,08
Chaux	3,02
Magnésie	0,85
Oxyde de plomb, Oxyde de cuivre (traces)	2,67
Alumine, soufre et pertes	4,33
	100,00

Cette composition correspond, à peu de chose près, à celle d'un protosilicate.

Deuxième fonte. — La matte de cuivre est bocardée, soumise à un second grillage et à une nouvelle fonte au four à cuve, dans des conditions presque identiques à celles de la fonte des mattes plombeuses. Les fondants sont les mêmes et l'opération se fait dans les mêmes fours; en général on termine par là chaque campagne de fonte des mattes, dont la durée se trouve prolongée jusqu'à 12 et 14 semaines.

On passe avec les mattes de cuivre une petite quantité de minerais cuivreux à une teneur de 25 à 30 p. 100, du spath fluor et des scories acides de la révivification des litharges ou de la fonte de concentration de la matte au réverbère.

Cette opération porte le nom de *Spuren* ou *Spurarbeit*.

Produits et leur traitement. — On en retire les produits suivants :

Du plomb d'œuvre impur ;
De la matte riche, appelée *Spurstein;*
Du cuivre noir riche en plomb;
Des speiss cuivreux ;
Enfin, des scories basiques et métallifères.

Nous allons maintenant indiquer ce que deviennent ces divers produits :

Le *plomb d'œuvre* est un peu cuivreux et d'une assez haute teneur en argent; il est envoyé au raffinage, puis à la désargentation.

La *matte* est riche en cuivre et assez pauvre en plomb et en argent; voici un résultat d'analyse, fourni par M. Reich, qui en exprime assez bien la composition moyenne :

Cuivre	53,88
Plomb	12,32
Fer	10,39
Nickel, Cobalt, Zinc	1,18
Arsenic, Antimoine	1,53
Soufre	18,01
	97,31

Elle contient, d'après l'ensemble des essais faits en 1862, 210 grammes d'argent, 10 p. 100 de plomb et 50 p. 100 de cuivre.

Le traitement pour cuivre de cette matte est réservé à la seule usine de Halsbrücke, où se font une dernière fonte de concentration au réverbère et l'extraction du cuivre à l'état de vitriol. Afin de suivre l'ordre indiqué par le travail même des usines, nous placerons plus loin cette dernière phase de la transformation des mattes.

Le *cuivre plombeux*, qui résulte de la deuxième fonte au four à cuve, est, vers la fin de la campagne, repassé dans les mêmes fours avec des mattes et des pyrites cuivreuses, des scories de révivification, des litharges, enfin 1 p. 100 de spath fluor et 3 p. 100 de baryte sulfatée; il est ainsi réduit à l'état d'une véritable matte de cuivre.

Les *speiss* sont très-riches en cuivre; ils en contiennent jusqu'à 40 kil. aux 100 kil., avec 10 kil. de plomb, 2k,5 de nickel et cobalt, et 500 grammes d'argent. Ils sont soumis à une première fonte avec 50 p. 100 de débris de soles, 150 p. 100 de scories de concentration et 10 p. 100 de baryte sulfatée, et amenés ainsi à renfermer 12 p. 100 de nickel et cobalt, tandis qu'une bonne partie du cuivre passe dans une matte riche, et une partie de l'argent dans un plomb d'œuvre. Les speiss des opérations précédentes (première fonte des mattes et même fonte des minerais), qui se trouvent à peu près à cette teneur, sont alors réunis à ces

nouveaux speiss, et tous ensemble subissent un traitement commun, qui consiste en : deux fontes au four à cuve avec une grande quantité de produits plombeux (400 p. 100 de litharge et 300 p. 100 de scories de révivification), et avec 10 p. 100 de baryte sulfatée; puis une troisième fonte avec 10 p. 100 de baryte sulfatée et 300 p. 100 de scories riches du traitement même des speiss. On obtient, à la suite de ces opérations, un speiss désargenté, tenant 30 grammes d'argent aux 100 kil., 18 parties de cuivre, 1,84 de cobalt et 12,65 de nickel.

Chacune des fontes a donné du plomb d'œuvre, qui est ensuite porté au raffinage, et une matte cuivreuse, qui est vendue comme *Spurstein* à l'usine de Halsbrücke.

Les speiss sont aujourd'hui livrés par les usines de Freiberg avec la teneur qui vient d'être indiquée; ils y subissaient autrefois encore une fonte de concentration; mais cette opération s'exécute aujourd'hui dans une autre usine.

Elle consiste en une fonte dans un petit fourneau à réverbère avec 50 ou 60 p. 100 de baryte sulfatée et 20 à 25 p. 100 de quartz; elle peut être comparée à une sorte d'affinage, où, sous l'influence des fondants, les arséniures de fer et de cuivre sont décomposés en grande partie, le fer passant dans les scories, et le cuivre formant une matte qui absorbe peu de nickel et de cobalt. Les speiss en sortent assez riches pour être livrés au commerce, tenant de 40 à 44 parties de nickel et de cobalt.

Fonte des scories. — Il reste à parler d'un dernier produit de la fonte des mattes : c'est la *scorie*.

On ne distingue pas celle de première et celle de deuxième fonte des mattes; l'une et l'autre sont soumises à une fonte au four à réverbère, absolument semblable à celle qui se pratique pour les scories de la fonte plombeuse. On y ajoute des minerais quartzeux d'argent et de cuivre, et l'on obtient des scories pauvres à rejeter (contenant $3^g,5$ d'argent et 0,171 p. 100 de plomb), et une matte crue qui est uti-

lisée dans la fonte des minerais; elle ne diffère de la précédente matte crue que par une teneur en cuivre un peu plus grande, comme le montre l'analyse suivante, par M. Richter :

Soufre	21,81
Arsenic / Antimoine	0,73
Fer	51,33
Plomb	5,69
Cuivre	11,33
Zinc	2,14
Oxygène et pertes	6,97
	100,00

Les essais faits à l'usine indiquent pour teneur moyenne : 90 gr. d'argent, 5 kil. de plomb, 4 kil. de cuivre.

Résultats économiques. — Nous allons exposer les résultats du *travail des mattes* pendant le 2e semestre de 1862; mais, afin d'éviter des détails trop minutieux, nous réunirons en deux groupes les opérations qui le constituent, comme nous l'avons déjà fait pour le *travail des minerais.* Ces deux groupes se composeront, l'un des *fontes au four à cuve*, l'autre de la *fonte des scories au réverbère*, chacun avec les grillages accessoires.

1° *Fontes au four à cuve.*—Les fontes au four à cuve ont employé 195 jours de travail, y compris 6 jours pour la mise en feu et la mise hors feu.

On a soumis à la première fonte, avec la matte plombeuse produite dans le même semestre, celle qui provenait de la campagne précédente, en tout 480t,80 de mattes grillées (pesées avant grillage), renfermant 1.048k,600 d'argent, 116t,145 de plomb et 63t,656 de cuivre.

On a passé dans cette même fonte 112t,44 de minerais cuivreux grillés, contenant, d'après les livres d'essais, 37k,092 d'argent et 15t,305 de cuivre.

La matte cuivreuse produite, pesant 109t,55, a été gril-

lée, puis fondue au four à cuve avec 11^t,87 de matières riches en cuivre sans grillage préalable. Ces matières étaient partie des minerais, partie des crasses provenant d'industries étrangères; elles renfermaient 47^k,120 d'argent et 3^t,849 de cuivre.

Les fondants ajoutés dans ces deux fontes se composaient de :

14^t,65 de spath fluor;

137^t,20 de scorie de révivification, à 3 p. 100 de plomb, et 91^t,60 de scorie de concentration de la matte, à 1,5 p. 100 de cuivre.

Enfin, pour compléter le traitement de la matte, 32 tonnes de cuivre plombeux, produites dans les deux opérations précédentes, ont été fondues avec 61^t,45 de matte de révivification, tenant 30 grammes d'argent (en tout 17^k,778), 40 p. 100 de plomb (24^t,580) et 16 p. 100 de cuivre (9^t,306). On a ajouté comme fondants 20^t,65 de scorie de révivification, 10^t,35 de scorie de concentration, 2^t,90 de spath fluor et 5^t,00 de baryte sulfatée.

On a retiré, comme produits définitifs de ces diverses opérations :

110^t,25 de plomb d'œuvre à 627 grammes d'argent (renfermant 691^k.075 d'argent);

166^t,62 de matte cuivreuse, dite *Spurstein*, à la teneur de 179 grammes d'argent (297^k,750), 10 p. 100 environ de plomb (16^t,702), et 44,4 p. 100 de cuivre (74^t,698).

27^t,50 de speiss cuivreux tenant 500 grammes d'argent, 10 p. 100 de plomb, 40 p. 100 de cuivre, et 2,5 p. 100 de nickel et de cobalt.

644^t,50 enfin de scories à des teneurs diverses, destinées à être refondues au réverbère.

Les frais spéciaux ont été les suivants :

			francs.
Main-d'œuvre	Grilleurs, 1.204 journées		1.622,00
	Fondeurs, 1.378 —		2.619,00
Combustible.	p. grillage.	3ᵗ,15 bois. 54ᵗ,7 coke à gaz et escarbilles. 136ᵗ,2 houille.	2.072,00
	p. fusion.	0ᵗ,200 charbon de bois. 329ᵗ,360 coke.	7.488,75
Fondants.	17ᵗ,55 spath fluor		308,00
	5ᵗ,00 baryte sulfatée		31,00
Bocards			567,00
Soufflerie			330,00
Entretien des fours et outils			1.160,00
			16.197,75

2° *Fonte des scories au réverbère.*—La fonte au réverbère des 644ᵗ,50 de scories a demandé 111 jours de travail, y compris 3 jours pour les réparations. On y a soumis avec les scories :

518ᵗ,40 de minerais, renfermant 180ᵏ,307 d'argent et 3ᵗ,270 de cuivre;

43ᵗ,800 de scories cuivreuses, à 3 p. 100 de métal.

On a retiré de cette fonte :

264ᵗ,85 de matte crue à 90 grammes d'argent (238ᵏ,565), 5 p. 100 de plomb (13ᵗ,142), et 4 p. 100 de cuivre (10ᵗ,514);

942ᵗ,50 de scories pauvres à rejeter, rendant à l'essai 3ᵍ,5 d'argent et 0ᵏ,171 de plomb aux 100 kilogrammes.

On a dépensé en frais spéciaux :

		francs.
Main-d'œuvre.	Grilleurs. 890 journées	1.335,00
	Fondeurs. 920 journées	1.656,00
Combustible.	Pour grillage. 120ᵗ de houille	1.656,50
	Pour fusion. 644ᵗ de houille	9.015,00
Entretien des fours et outils		1.410,00
		15,072,50

Pertes de métaux. — Si l'on considère ensemble toutes les opérations du travail des mattes, on voit que, d'après les essais, les matières mises en œuvre contenaient :

Argent, 1.330k,917. Plomb, 145t,458. Cuivre, 96t,755.

On retrouve dans les produits qui doivent être utilisés :

Argent, 1.364k,890. Plomb, 142t,842. Cuivre, 96t.112.

Le traitement a donc donné 33k,973 d'argent de plus que les essais n'en avaient indiqué dans les matières mises en œuvre, et cela indépendamment de la quantité de métal qui se trouve encore dans la scorie rejetée.

Cette augmentation du rendement n'a d'autre cause que celle sur laquelle j'ai déjà tant de fois insisté, l'inexactitude des livres d'essai : on doit l'invoquer aussi pour expliquer la petitesse des pertes apparentes faites sur les autres métaux (2t,616 sur le plomb et 0t,643 sur le cuivre).

Si nous rapportons ces résultats à 100 parties de métal contenu dans les matières traitées, nous trouvons :

Excès du rendement en argent	2,55	p. 100.
Perte en plomb	1,80	—
Perte en cuivre	0,685	—

Résumé. — Nous terminerons enfin ce chapitre en présentant le relevé des frais spéciaux du *travail des mattes* rapportés à la tonne des mattes plombeuses issues de la fonte des minerais.

1° Fontes au four à cuve, avec grillage des minerais ajoutés et des mattes :

		francs.
Main-d'œuvre.	5j,370	8,820
Combustible.	0t,283 houille	3,065
	0t,007 bois	0,156
	0t,800 coke	16,678
Fondants.	0t,036 spath fluor	0,640
	0t,010 baryte sulfatée	0,064
Bocards		1,179
Soufflerie		0,686
Entretien des fours et outils		2,579
		33,867

2° Fonte des scories au réverbère, avec grillage des minerais ajoutés :

		francs.
Main-d'œuvre. .	3^{j},764.	6,220
Combustible. . .	1^{t},589.	22,195
Entretien des fours et outils.		2,932
		31,347

En somme, les frais spéciaux du traitement des mattes plombeuses sont les suivants :

			francs.
Main-d'œuvre.	9^{j},134.		15,040
Combustible.	1^{t},872	houille.	25,260
	0^{t},007	bois.	0,156
	0^{t},800	coke.	16,678
Fondants. . . .	0^{t},046	spath fluor et baryte.	0,704
Bocards et soufflerie.			1,865
Entretien des fours et outils.			5,511
			65,214

Note. — La quantité de matte produite par la fonte plombeuse, pendant le deuxième semestre de 1862, est de beaucoup inférieure à celle qui a été, dans la même période, soumise au traitement des mattes. Le surplus provenait de la campagne précédente. Il faudra en faire abstraction, si nous voulons rapporter tous les résultats à une même quantité initiale de minerai.

D'autre part, une portion de la matte crue provenant du travail des minerais (198 tonnes), et toute la matte crue provenant du travail des mattes, ont été mises en réserve pour une campagne suivante : nous ne devrons pas les négliger, mais plutôt supposer qu'elles aient été grillées et passées au four à cuve avec les autres mattes crues.

Nous calculerons donc approximativement ce que ces mattes auraient pu ajouter aux mattes plombeuses, et quels résultats auraient alors donnés les opérations du travail des mattes. Après cela, il nous sera possible d'évaluer les frais et les pertes, rapportés à la tonne de minerai mis en œuvre.

Voici les résultats principaux de ce calcul de correction :

La matte crue se compose de 198 tonnes résultant du travail des minerais, et 158 tonnes (ce nombre se justifiera tout à l'heure) du travail des mattes, soit en tout 356 tonnes. Elle contient 512 kilo-

grammes d'argent, [illegible] de plomb et [illegible] de cuivre. Nous pouvons supposer qu'elle donne, par grillage et fusion au four à cuve, [illegible] tonnes à ajouter aux [illegible] tonnes de matte plombeuse du travail des minerais.

On a donc, pour le traitement des mattes, [illegible] tonnes de mattes plombeuses environ les [illegible] de la quantité traitée dans le deuxième semestre de [illegible] renfermant [illegible] d'argent, [illegible] de plomb et [illegible] de cuivre. — La fonte de revivification fournit, ainsi que nous le verrons plus loin, [illegible] de mattes, qui sont employées à la fusion du cuivre plombeux. — Enfin, si nous réduisons dans une proportion semblable [illegible] les quantités des autres matières ajoutées, nous trouvons que l'on passe au four à cuve [illegible] de minerai, [illegible] de scorie de revivification, [illegible] de scorie de concentration, enfin [illegible] de fondants, spath fluor et baryte. — Le lit de fusion contient en totalité [illegible] d'argent, [illegible] de plomb et [illegible] de cuivre.

On soumet à la fonte au réverbère les scories de la fonte des mattes, avec [illegible] de minerai et [illegible] de scorie de concentration : en tout [illegible] d'argent, et [illegible] de cuivre.

On retire de cette dernière fonte, avec des scories pauvres à rejeter, [illegible] tonnes de matte crue, à [illegible] grammes d'argent, [illegible] p. 100 de plomb et [illegible] p. 100 de cuivre, destinées à rentrer dans la fonte plombeuse des minerais.

Les fontes au four à cuve donnent :

— [illegible] de plomb d'œuvre renfermant [illegible] d'argent ;

— [illegible] de matte, à [illegible] grammes d'argent ([illegible]), [illegible] p. 100 de plomb ([illegible]) et [illegible] p. 100 de cuivre ([illegible]) ;

— [illegible] de speiss à 500 grammes d'argent, [illegible] p. 100 de plomb et [illegible] p. 100 de cuivre ;

— Enfin des scories que l'on soumet pour les appauvrir à la fonte au réverbère.

En résumé les matières mises en œuvre contiennent :

Argent [illegible] ; plomb [illegible] ; cuivre [illegible].

Les produits obtenus renferment : en plus [illegible] d'argent, en moins [illegible] de plomb et [illegible] de cuivre.

Tels seraient les résultats pour le traitement en métaux déduits par de simples proportions de ceux que présentent les livres de l'usine.

Quant aux corrections à faire sur les frais spéciaux des opérations, elles se calculent aisément d'après les données précédentes. On peut les préciser en quelques mots :

1° Il faut ajouter [illegible] tonnes au poids des matières [illegible]

fonte plombeuse, ce qui forme un total de 6.855 tonnes de lit de fusion;

2° Le traitement des mattes plombeuses s'applique à 288 tonnes de matte;

3° Le traitement ultérieur du plomb d'œuvre reçoit de la fonte des mattes 62t,55 de plomb, qui doivent être soumises au raffinage et aux opérations suivantes;

4° Enfin la concentration et l'extraction du cuivre se font sur 90t,50 de matte cuivreuse (spurstein).

Au moyen de ces nombres et connaissant les frais spéciaux et les pertes de chaque opération par tonne de matières, on en déduira, pour le traitement tout entier, les dépenses et les quantités de métaux perdus, rapportées à une même quantité de minerais.

III.

TRAVAIL DU PLOMB D'ŒUVRE.

Raffinage du plomb.

Le plomb d'œuvre produit par les fontes de minerais et de mattes dans les usines de Freiberg est fort impur; il contient notamment, avec un peu de cuivre, une assez forte proportion d'arsenic et d'antimoine, proportion qui dépasse ordinairement 2 p. 100. Ces substances donneraient lieu à de grandes difficultés dans la désargentation, elles s'opposeraient surtout à l'enrichissement par le pattinsonage, et le plomb serait de mauvaise qualité, si l'on ne les écartait dès l'abord, au moins pour la plus grande partie. Un affinage du plomb est donc nécessaire.

A l'usine d'Altenau, dans le Harz, on se contente de provoquer par l'immersion de perches de bois un bouillonnement du bain métallique, et par suite la formation au contact de l'air de crasses oxydées, où se rassemble une portion des substances étrangères. Mais ce mode d'affinage, désigné sous le nom de *polen*, ne peut être employé à Freiberg; il y produirait une purification insuffisante, et de plus il donnerait naissance à des fumées d'acide arsénieux, qui, remplissant l'atelier, seraient funestes à la santé des ouvriers. Pareil

danger n'est point à craindre à Altenau ; car le plomb y est antimonial, mais ne renferme pas une quantité notable d'arsenic.

La nature et la forte proportion des impuretés du plomb de Freiberg obligent à faire l'affinage dans un four dont les fumées soient rapidement enlevées, et sous une influence oxydante assez énergique, qui ne peut guère s'obtenir que par un courant d'air artificiel. On pourrait choisir, comme remplissant ces conditions, soit un four de coupellation, soit un four à réverbère analogue aux fours de grillage anglais ; on s'est décidé à Freiberg en faveur de ce dernier, auquel on attribue une certaine supériorité au point de vue de la dépense en combustible et des pertes de métal.

Four de raffinage. — Les fours de raffinage sont, par leur mode de construction, absolument semblables aux fours à réverbères qui servent à la fonte des scories (Pl. II). Leurs dimensions sont aujourd'hui les mêmes à peu de chose près : longueur de la sole 3^{m},71, largeur 2^{m}.86, hauteur maxima de la voûte au-dessus du fond du bassin 0^{m},90 ; le pont a 0^{m},33 de hauteur au-dessus de la sole.

Jusqu'en 1861 on donnait aux fours des dimensions plus petites, 2^{m},86 sur 2^{m},14 (*). La charge de plomb ne dépassait pas 5 à 6 tonnes, tandis qu'aujourd'hui elle a été portée à 8 tonnes. La sole de ces fours et leurs parois étaient formées alors d'une sorte de bassin venu de fonte d'une seule pièce, et présentant un bec où l'on pratiquait le trou de coulée. Cette disposition avait des inconvénients assez graves : le plomb pénétrait par-dessous la sole, arrivait à la soulever en certains points, et il se produisait parfois dans la fonte des fissures qui livraient passage au métal. Aussi est-elle tout à fait abandonnée maintenant.

Le difficile problème d'avoir une sole résistant à la fois et aux infiltrations et à la corrosion, se trouve à peu près

---

(*) Plattner. *Allgemeine Hüttenkunde*, page 237.

résolu par l'emploi d'une sole en argile bien battue. Cette sole est établie sur une couche de briques réfractaires, placées de champ et juxtaposées avec le plus grand soin, reposant sur des plaques en fonte. Dans quelques fours, les briques sont remplacées par une couche de quartz et d'argile bien battue; mais l'expérience ne semble pas aussi favorable à cette dernière disposition.

La sole offre du pont vers le rampant une pente de 1/10 environ. L'ouverture située à l'extrémité est la porte de travail; la porte opposée au trou de coulée sert au chargement; l'une et l'autre se ferment par des portes en briques que l'on manœuvre à l'aide de leviers à contre-poids, et sont munies de barreaux en fer destinés à porter les outils pendant le travail.

De chaque côté du pont a été ménagée une ouverture pour la buse qui amène l'air froid de la soufflerie.

Conduite de l'opération. — Les saumons ou gâteaux de plomb à raffiner sont introduits dans le four encore rouge, dès que la coulée précédente est terminée; ils y sont déposés avec précaution au moyen d'une pelle plate en fer. Le feu est conduit doucement jusqu'à la fusion complète. Un certain degré d'oxydation se produit pendant que le plomb coule goutte à goutte, et le bain fondu se trouve recouvert d'une croûte métallique ferrugineuse et riche en cuivre, que les ouvriers appellent *Schlicker*. On enlève cette croûte, et aussitôt après on donne doucement le vent par les deux buses.

On s'efforce d'entretenir la température aussi basse que possible, bien que suffisante pour conserver le bain de plomb en fusion, afin d'atténuer les pertes par volatilisation. A ce degré de chaleur et sous l'influence doucement oxydante de l'air injecté, une partie de l'arsenic se volatilise à l'état d'acide arsénieux; une autre partie reste dans les crasses qui se forment à la surface du bain. Le départ de l'antimoine est moins facile; cette substance s'oxyde plus

lentement que l'arsenic, et le produit de l'oxydation, n'étant pas volatil, reste presque en entier dans les crasses. Ces crasses, principalement formées d'oxyde de plomb, mais cuivreuses, antimoniales et arsenicales, reçoivent dans l'usine le nom d'*Abzug;* elles ont une apparence toute semblable à celle des abstrichs de la coupellation. L'ouvrier les enlève par la porte de travail, en les ratissant par intervalles avec une bûchette de bois fixée à un manche en fer. Un râble entièrement en fer ne peut être employé, car il réduirait par son contact une partie des crasses que l'on cherche à séparer.

L'opération se continue de la même manière jusqu'à ce que le plomb ait atteint le degré de pureté convenable. On s'en assure par l'essai de sa ductilité, de son poids spécifique, enfin de la manière dont il se comporte à la flamme du chalumeau sur un charbon (*).

Le raffinage étant terminé, on procède à la coulée du plomb. Un bassin de fer est situé devant la rigole de sortie, mais on en fait rarement usage; on se sert plutôt de l'appareil représenté par la *fig.* 9, Pl. II. A une petite hauteur au-dessus du sol, se trouve, suspendue par deux tringles de fer longues de 5 mètres environ et liées à un pivot unique, une sorte de coupe en fonte, dans laquelle on reçoit le filet de plomb liquide sortant du trou de coulée. Cette coupe mobile est munie d'un canal en tôle que l'on tient à l'aide d'une poignée et que l'on dirige à volonté. Des moules sont disposés autour, en éventail et sur trois rangs; chaque moule pré-

(*) Une très-petite quantité d'arsenic se reconnaît à l'odeur qu'il dégage sous la flamme oxydante, après fusion dans un trou pratiqué à un charbon; un peu d'antimoine dans les mêmes conditions, à l'auréole blanchâtre qui se dépose autour du globule; l'une ou l'autre substance en très-petite proportion donne, après refroidissement, au bouton de plomb, un aspect mat et une couleur d'un gris noirâtre, au lieu de la surface brillante et d'un gris bleu qui appartient au plomb parfaitement pur, ou des reflets jaunâtres que lui donnerait une mince couche de litharge. (*Plattner*, *Allgemeine Hüttenkunde*, p. 45.)

sente à son extrémité un bec ou déversoir, par où le plomb peut descendre au moule suivant, du premier au deuxième, puis du deuxième au troisième rang. Le plomb sort du four avec l'aspect métallique et une teinte à peine rougeâtre, indiquant qu'il était dans le four à une température peu élevée; la couleur rougeâtre ne persiste même pas jusqu'à l'arrivée dans les moules, et le métal se solidifie très-rapidement. Un ouvrier, tenant en mains le canal de coulée, la promène de manière à remplir successivement tous les moules, à partir d'une extrémité; il est suivi d'assez près par un autre ouvrier qui vient enlever les saumons à la pointe d'un pic. Par ce moyen, la coulée peut être recommencée plusieurs fois de suite, dans la même série de moules, jusqu'à ce que le four soit entièrement vidé.

Les saumons sont amoncelés, puis pesés et portés à l'atelier voisin qui est celui du pattinsonage. Le poids moyen d'un saumon est de 50 kilogrammes.

Une charge se compose de 8 1/2 à 9 tonnes de plomb. Le four est desservi par un seul ouvrier pendant 12 heures; mais il faut soit un aide, soit des journaliers, pour le chargement et la coulée. En 24 heures on consomme de 750 à 900 kilogrammes de houille.

La durée et les frais de l'opération varient dans de très-larges limites, avec la qualité du plomb qui y est soumis.

Lorsqu'on a affaire à du plomb d'œuvre venant de la fonte des minerais ou des mattes (*Werkblei*), la charge doit rester de 15 à 16 heures dans le four.

Avec le plomb provenant de la révivification des litharges (*Frischblei*), et qui doit encore passer au pattinsonage avant d'être livré au commerce, l'opération ne demande pas plus de 4 à 5 heures. Le plomb issu des litharges de la coupellation n'a même pas besoin, en général, d'être raffiné de nouveau.

Le plomb, enfin, qui a été produit par la révivification des diverses *crasses* du raffinage, de la coupellation et du

pattinsonage, exige un temps beaucoup plus long, pour être amené à l'état de plomb tendre, livrable au commerce; ce temps peut aller à 60 et 80 heures, s'il y a beaucoup d'arsenic et d'antimoine. Les frais sont alors extrêmement élevés; aussi préfère-t-on ne pas affiner le plomb trop impur, et selon qu'il est plutôt arsenical ou plutôt antimonial, on cherche à le vendre pour la fabrication de plomb de chasse ou de caractères d'imprimerie. Le premier se fait plus spécialement à l'usine de la Mulde et le second à celle de Halsbrücke, qui reçoit des minerais étrangers (américains) assez antimoniaux.

On cherche à purifier une partie du plomb et à concentrer les substances étrangères dans l'autre partie, qui acquiert alors d'autant plus de valeur que leur proportion est plus forte. On se sert à cet effet de l'observation suivante : l'arsenic s'oxydant plus vite que l'antimoine, les premières crasses retirées du four d'affinage sont plus arsenicales, les suivantes plus antimoniales; on distingue donc les produits de la première et de la seconde période, pour les traiter plus tard séparément. L'affinage et la revivification des crasses, répétés plusieurs fois, donnent des plombs qui renferment, les uns 6 à 8 p. 100 d'arsenic, vendus 300 francs la tonne (*Hartblei*), les autres 12 à 15 p. 100 d'antimoine, vendus 445 francs (*Antimonblei*). Si l'on pouvait amener ces derniers à tenir 25 p. 100 d'antimoine, ils auraient une valeur plus élevée; mais les opérations seraient trop coûteuses pour que l'on y trouvât un bénéfice. Le plomb tendre marchand se vend lui-même dans les usines de Freiberg sur le pied de 445 francs la tonne métrique.

Il ne sera pas sans intérêt de comparer la composition du plomb d'œuvre avec celle des plombs obtenus par le raffinage, et pour cela nous mettons en regard des résultats d'analyses fournis par M. Reich.

	PLOMB d'œuvre brut.	PLOMB raffiné.	PLOMB aigre (Hartblei).	PLOMB ANTIMONIAL.	
				Mulde.	Halsbrücke.
Plomb.	97,72	99,28	87,60	90,76	87,60
Arsenic.	1,36	0,16	7,90	1,28	0,40
Antimoine.	0,72	traces.	2,80	7,31	11,60
Fer.	0,07	0,05	traces.	0,13	traces.
Cuivre.	0,25	0,25	0,40	0,35	traces.
Argent.	0,49	0,53	»	»	»
	100,61	100,27	98,70	99,83	99,60

Ressuage:

Les crasses métalliques résultant du raffinage du plomb, appelées *schlickers*, et celles du pattinsonage, auxquelles on donne le même nom, sont soumises à une sorte de liquation ou de ressuage, destinée à leur enlever le plomb qu'elles ont retenu mécaniquement interposé.

Elles sont placées sur la partie la plus haute de la sole inclinée du four de raffinage, puis échauffées graduellement. Le plomb, devenu fluide à une température inférieure au rouge, sort du four par le trou de coulée maintenu constamment ouvert, et se rassemble dans le bassin situé devant cet orifice ; il y est repris ensuite, pour subir le raffinage avec une nouvelle charge de plomb d'œuvre.

Les substances étrangères, et en particulier les métaux plus difficilement fusibles que le plomb, restent plus ou moins oxydés sur la sole, et forment des crasses désignées du nom de *Raffinir-gekrätz*, et tenant de 60 à 70 p. 100 de plomb, donnant plus tard un plomb impur par la revivification.

Les *abzugs*, soumis à une fonte spéciale dans le même four, produisent du plomb d'œuvre à raffiner de nouveau, et des *abstrichs* à 60 ou 70 p. 100 de plomb, qui sont réservés pour la revivification dans les fours à cuve.

Choix de la méthode de pattinsonage. — Dans le choix à faire entre les deux méthodes, par *tiers* et par *huitièmes*, qui peuvent être désignées comme les types auxquels se rapportent les méthodes de pattinsonage (surtout si on les dégage de l'idée de proportions absolues que pourrait suggérer leur dénomination), le degré de richesse du plomb d'œuvre mérite une attention particulière; car c'est la teneur initiale qui fixe, dans l'une et l'autre méthode, le nombre d'opérations à faire.

La méthode par huitièmes convient aux plombs pauvres, comme ceux des usines anglaises, parce qu'elle permet d'arriver plus vite à un produit riche.

La méthode par tiers doit, au contraire, être préférée pour les plombs riches, car elle conduit à un nombre d'écumages qui peut être notablement moindre.

Si l'on applique les formules connues (*), pour trouver le nombre d'opérations nécessaires, d'après la teneur initiale du plomb d'œuvre et les degrés d'enrichissement et d'appauvrissement auxquels on se propose de s'arrêter, on trouve que pour le plomb de Freiberg la méthode par tiers demande 13 à 14 opérations (11 à 12 pour l'appauvrissement, 2 pour l'enrichissement), tandis que la méthode par

---

(*) Ces formules sont :

$$n = \frac{\log \frac{b}{a}}{\log p} \qquad n' = \frac{\log \frac{c}{a}}{\log q},$$

a désignant la teneur initiale (comprise ici entre 500 et 600 gr.); b la teneur du plomb pauvre (soit 2 gr.); c celle du plomb riche (1500 gr.); n et n' les nombres cherchés des opérations pour arriver au plomb pauvre d'une part, et de l'autre au plomb riche: enfin p et q les rapports d'appauvrissement et d'enrichissement, que l'on admet égaux à 0,62 et 1,76 pour la méthode des tiers, à 0,714 et 5 pour celle des huitièmes.

Les calculs donnent, pour la méthode des tiers $n = 11$ à 12; $n' = 2$, et pour la méthode des huitièmes $n = 16$ à 17 et $n' = 1$.

huitièmes en exige de 17 à 18 (16 à 17 pour l'appauvrissement, 1 pour l'enrichissement).

La méthode par tiers devait donc être, et a été en effet préférée dans les usines de Freiberg.

On y a en même temps adopté le système des batteries continues, système qui, inférieur à quelques égards à celui des batteries conjuguées, offre en compensation l'avantage d'une très-grande régularité de travail, mais qu'il ne faut cependant pas regarder, ainsi que c'est un peu la coutume en Allemagne, comme indissolublement lié à la méthode par tiers.

L'usine de Halsbrücke possède 13 grandes chaudières contenant 10 tonnes de plomb; celle de la Mulde en compte 26, formant deux batteries qui se suivent sans interruption, et forment les deux côtés d'une équerre à angle arrondi; une seule des batteries est ordinairement en usage. Aux extrémités d'une même batterie se trouvent en outre 2 chaudières supplémentaires, de plus petite dimension, servant à fondre et à couler en lingots le plomb pauvre et le plomb enrichi.

Méthode suivie à Freiberg.—J'ai dit que la méthode suivie à Freiberg était la *methode par tiers.* Ce nom ne la caractérise pas complétement. Elle se rapporte, en effet, au type de la méthode habituelle des tiers; mais elle s'en distingue aussi par quelques modifications récemment introduites par M. Lorenz, sous-directeur de l'usine de Halsbrücke; elle mérite d'être désignée sous le nom de *méthode par tiers avec cristaux intermédiaires.* Voici en quoi elle consiste :

Supposons une série de chaudières A, B, C, D... Nous sommes au début de l'opération, et la chaudière B est remplie de plomb d'œuvre fondu. Lorsque les crasses formées à la surface de cette chaudière ont été écumées, on laisse descendre peu à peu la température du bain de métal et se former les cristaux plus pauvres; puis on procède, avec la grande écumoire, à l'enlèvement de ces cristaux et à

leur transport dans la chaudière voisine A, que j'appellerai par abréviation *chaudière pauvre.* Cela se continue jusqu'à ce qu'on ait déplacé les 2/3 environ de la charge initiale, à l'usine de Halsbrücke la charge est de 10 tonnes, et l'on transporte 6 1/2 tonnes de cristaux; à l'usine de la Mulde, avec la même charge initiale, on transporte 7 tonnes. Je prendrai comme exemple les nombres de cette dernière usine.

La température continuant à baisser très-lentement, de nouveaux cristaux se forment; on les transporte alors dans la chaudière riche C, située de l'autre côté; mais on s'arrête lorsque 2 tonnes ont été ainsi enlevées, et qu'il reste par conséquent encore 1 tonne de plomb au fond de la chaudière en opération B. Cette dernière partie doit évidemment être la plus riche, puisqu'elle cristallise la dernière. Elle doit même avoir une teneur à peu près égale à celle de la deuxième chaudière riche D; car on a procédé sur les 3 tonnes restantes de la chaudière B, absolument comme on procédera plus tard sur la charge complète de la chaudière C, et le plomb y avait d'ailleurs à peu près la même teneur en argent.

Après l'enlèvement des deux tonnes de cristaux, on réchauffe un peu la dernière tonne restante, et alors deux ouvriers, montés sur les bords de la chaudière, viennent y puiser le plomb au moyen de cuillers creuses, et le versent sur un canal de tôle, qui, passant par-dessus la chaudière C, conduit le métal fondu dans la chaudière D.

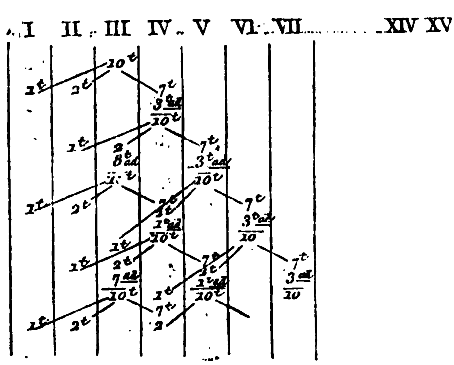
La méthode des cristaux intermédiaires, que nous venons de décrire, présente un avantage évident : la tonne de plomb riche, ne passant pas par la chaudière C, n'aura pas besoin d'être réchauffée, puis écumée, comme elle l'aurait été suivant la méthode ordinaire; il y aura donc économie de combustible et économie de main-d'œuvre, et, à ce dernier point de vue surtout, on pourrait presque dire qu'on épargne un écumage sur dix.

On attribue au procédé un second avantage : on pense que les chaudières doivent durer plus longtemps, parce qu'elles ne restent pour ainsi dire jamais tout à fait vides, et que le fond en est alors un peu protégé par le plomb contre les variations de température. Mais cet avantage serait peut-être compensé en partie par une augmentation de déchet sur le métal.

Le service est fort bien organisé et présente une régularité remarquable; les ouvriers sont au nombre de 12, et travaillent deux à deux à un même écumage.

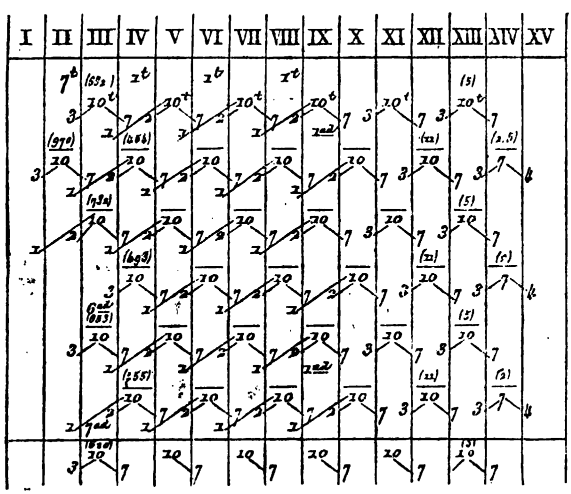
Grâce à la pureté du plomb, qui n'arrive au pattinsonage qu'après avoir été raffiné, il n'y a aucune opération accessoire à lui faire subir; ajoutons que l'usine possède des provisions de plombs de teneurs diverses, en quantité assez grande pour pouvoir compléter la charge des chaudières chaque fois qu'il en est besoin. Ce sont là deux conditions excellentes pour la régularité du travail.

On se rendra compte par le tableau suivant des opérations qui sont nécessaires pour mettre en train une batterie de pattinsonage avec la méthode des cristaux intermédiaires. Je désignerai par le signe *ad* les additions de plomb au moyen desquelles on achève de remplir les chaudières avec du plomb de teneur à peu près égale.



On voit par ce début l'ordre avec lequel s'accomplit le travail. On est obligé d'y déroger dans une seule occasion : c'est lorsqu'on arrive aux chaudières les plus pauvres, pour lesquelles on n'a pas de plomb d'égale teneur à ajouter; mais, cela n'étant qu'accidentel, il est facile d'y remédier en faisant l'addition dans une chaudière plus riche, et en augmentant la proportion de cristaux qu'on transporte dans la chaudière pauvre en question.

Nous ne nous arrêterons pas davantage à la mise en train des opérations; il est plus intéressant de voir comment est conduit le travail courant, et c'est ce que montrera le tableau suivant, présentant un exemple emprunté au mois d'août 1863. On y voit figurer, à la colonne III, les additions de plomb-d'œuvre raffiné, et à la colonne IX celles de plomb-d'œuvre provenant de la revivification des litharges.



Loi d'appauvrissement. — Ce tableau montre que l'on essaye très-régulièrement pour leur teneur, avant chaque

écumage, les plombs riches et pauvres dans les chaudières voisines des extrémités de la série.

Si l'on veut chercher, d'après les résultats de ces essais, quelle est la loi d'enrichissement ou d'appauvrissement du plomb, on pourra prendre, comme représentant à peu près la moyenne générale, les nombres suivants :

CHAUDIÈRES.	I.	II.	III.	IV.	....	XII.	XIII.	XIV.	XV.
Teneurs....	gr. 1.570	gr. 970	gr. 650	gr. 450	....	gr. 11	gr. 5	gr. 2,5	gr. 1,3

Les fractions.... 0,62 0,67 0,69 .... 0,45 0,50 0,52

représentent les rapports des teneurs successives.

Le rapport moyen, ou, si l'on veut, la *raison* de la progression géométrique que suivent les teneurs, s'obtiendra facilement par l'équation suivante, dans laquelle x désigne la raison demandée, 14 est le nombre des écumages, 1,3 et 1.570 sont les extrêmes de la progression :

$$1{,}3 = 1.570 \times x^{14}$$

$$\log x = \frac{1}{14} \log \frac{1{,}3}{1570}$$

on trouve ainsi que $x = 0{,}60$ environ.

Ce nombre mérite d'être remarqué, car il est un peu inférieur à celui qu'on indique habituellement (0,62) comme se rapportant aux teneurs ordinaires des plombs soumis au pattinsonage; or les plombs d'œuvre de Freiberg sont au contraire parmi les plus riches, et l'expérience a démontré que, dans un plomb riche, les cristaux, se formant plus petits, retenaient plus de liqueur mère que dans un plomb pauvre, et que l'enrichissement ou l'appauvrissement y étaient moins rapides; d'après cela il semblerait que le rapport des teneurs de deux chaudières consécutives dût être plus voisin de l'unité que le nombre 0,62.

L'introduction de cristaux intermédiaires dans la méthode par tiers n'explique pas le résultat obtenu ; mais la cause s'en trouvera peut-être dans le mode de partage des charges : B reçoit, non pas les 2/3 de la charge A, mais bien les 7/10 ; cela contribue à augmenter un peu l'écart entre les teneurs de droite et de gauche et à rendre au rapport d'appauvrissement sa valeur ordinaire.

La pureté du plomb est une circonstance très-favorable à son enrichissement ; c'est ce qui a été maintes fois démontré ; à Freiberg, les expériences de M. Reich ont prouvé, que l'on pouvait pratiquement amener par les cristallisations le plomb pur argentifère à renfermer 2^k,26 d'argent aux 100 kilogrammes.

Dans les usines de Freiberg on s'arrête entre 1^k,50 et 1^k,60, teneur à laquelle on arrive soit par deux écumages, soit directement par le premier après l'enlèvement des cristaux intermédiaires.

De l'autre côté on pousse très loin l'appauvrissement ; on ne donne à la dernière chaudière que du plomb à 1^g,5, et pour arriver là, il faut jusqu'à 12 cristallisations. C'est encore à la pureté du plomb que l'on doit de pouvoir atteindre cette limite.

Il est d'ailleurs à observer que le plomb devient plus pur, à mesure qu'il s'appauvrit par les cristallisations, et cela par deux motifs : d'abord, il se forme à la surface des chaudières des crasses jaunâtres, que l'on écume pour les envoyer plus tard au ressuage et à la revivification ; ces crasses ou *schlickers* entraînent avec elles la plus grande portion du cuivre et de l'antimoine que le raffinage n'a pas éliminés ; en second lieu, l'antimoine, qui est l'impureté la plus à redouter à cause des propriétés fâcheuses qu'elle communique au plomb, paraît se concentrer de préférence avec l'argent dans la partie la plus lente à cristalliser. Le plomb pauvre en est presque totalement débarrassé ; aussi est-il

d'excellente qualité, et fort apprécié dans le commerce, malgré l'impureté des minerais d'où il provient.

Il contient comme seules substances étrangères : 0,05 ou très-rarement 0,1 p. 100 de cuivre, 0,02 à 0,05 p. 100 de fer et 0,02 à 0,1 p. 100 d'antimoine et arsenic.

D'après de nombreuses expériences, le poids spécifique de ce plomb marchand est égal à 11,369 à la température de 15° centigrades ou de 11,362 à 0°, en prenant pour unité le poids de l'eau à son maximum de densité et dans le vide (*).

Appareils. — J'ai peu de chose à dire des appareils employés pour le pattinsonage dans les usines de Freiberg. Ces appareils ne réalisent sur ceux des autres usines aucun perfectionnement nouveau, et ne méritent point d'être décrits en détail.

Le massif des chaudières s'élève à $0^m,56$ au-dessus du sol de l'atelier. Les chaudières sont en fonte, hémisphériques; elles ont $1^m,70$ de diamètre ; l'épaisseur varie du bord vers le fond entre $0^m,03$ et $0^m,05$, elle est de $0^m,04$ en moyenne. Chaque chaudière se termine par un rebord très-mince, autour duquel se place une couronne en fonte de $0^m,32$ de largeur, et sur lequel portent les outils pendant le travail. La couronne pèse 340 kilogrammes, le corps de la chaudière elle-même 1.200 kilogrammes. Elle coûte neuve 375 francs, quand elle est hors de service, la fonte se vend 10 francs les 100 kilogrammes.

Chaque chaudière présente vers le milieu de sa hauteur 4 petites consoles, venues de fonte avec elle, et par lesquelles elle s'appuie sur une base en maçonnerie. Celle-ci, entourant la chaudière, et ne s'ouvrant que d'un seul côté pour livrer passage aux flammes du foyer, laisse autour de la moitié supérieure un espace annulaire, où ces flammes circulent, après avoir léché le fond de la chaudière, avant

(*) Plattner. *Allgemeine Hüttenkunde*, p. 139.

Résultats économiques. — Le raffinage du plomb d'œuvre, suivi du ressuage des crasses métalliques produites, a donné les résultats suivants pendant la campagne du deuxième semestre de 1862.

Les fours ont eu 179 jours de travail ; ils ont reçu :

1.158^t,00 de plomb provenant de la fonte plombeuse des minerais ;
110^t,25 provenant du traitement des mattes ;
710^t.00 provenant de la revivification des produits oxydés;
Total... 1.978^t,25 de plomb renfermant 7.388^k,050 d'argent.

On a obtenu :

17^t,93 de plomb dur, antimonial ou arsenical, livrable au commerce ;
1.779^t,25 de plomb d'œuvre raffiné, contenant 7.291^k,795 d'argent, et destiné au pattinsonage ;
217^t,95 de crasses, à 60 ou 70 p. 100 de plomb, contenant 154^t,177 de plomb, et 91^k,470 d'argent.

Faisant la somme des quantités de métaux contenues dans tous les produits, on a

1.951^t,357 de plomb, et 7.384^k,265 d'argent.

La perte totale en métaux s'élève donc à

3^k,785 d'argent, ou 0,05 p. 100 du métal contenu,
et 26^t,893 de plomb, ou 1,36 p. 100 —

sans avoir égard aux impuretés du plomb d'œuvre brut ou raffiné.

Il ne faut pas accorder une très-grande confiance aux nombres qui peuvent ainsi se déduire d'essais faits sur quelques échantillons de produits d'usines ; les erreurs peuvent être très-bien comparables aux pertes mêmes que l'on cherche à évaluer. — Cette observation s'applique non-seulement au raffinage, mais à toutes les opérations qui s'exécutent sur le plomb d'œuvre. Il est vrai de dire que l'on n'arrive à quelque certitude dans l'estimation des

pertes, que lorsqu'on groupe ensemble toutes ces opérations, comme nous aurons lieu de le faire à la fin de ce chapitre.

Les frais spéciaux du raffinage s'établissent de la manière suivante :

		francs.
Main-d'œuvre.	371 journées de fondeurs.	677,00
	535 journées d'aides et manœuvres. . . .	645,50
Combustible.	150 tonnes de houille.	1.997,00
	1t,20 de bois, et 3t,10 de lignite. . . .	58,00
Soufflerie.		68,00
Entretien des fours et outils.		395,50
		3.841,00

Soit, par tonne de plomb d'œuvre soumis au raffinage :

		francs.
Main-d'œuvre.	0j,455.	0,668
Combustible.	0t,075 houille.	1,040
Soufflerie.		0,034
Entretien des fours et outils.		0,200
		1,942

Pattinsonage.

Les plombs raffinés sont, avant la coupellation, soumis à l'enrichissement par cristallisation, connu sous le nom de *pattinsonage.* Ce procédé est aujourd'hui en usage dans plusieurs grandes usines à plomb; mais ce qui le distingue dans les usines de Freiberg est la richesse des plombs-d'œuvre auxquels il est appliqué, richesse qui atteint 600 et 700 grammes d'argent aux 100 kilogrammes. Des plombs beaucoup plus pauvres sont également envoyés à la cristallisation, à savoir ceux qui résultent de la revivification des litharges, renfermant de 40 à 60 grammes d'argent. On les traitait autrefois séparément, mais on préfère aujourd'hui, et avec raison, les ajouter, dans le cours même des opérations, aux plombs que l'on a amenés à une égale teneur, ainsi que nous allons le voir.

de se rendre aux carneaux de dégagement et à la cheminée. La disposition des consoles ne paraît pas excellente; on songe à les remplacer par une couronne de fonte continue, qui donnera plus de stabilité à la chaudière. Le chauffage se fait avec de la houille de mauvaise qualité.

Les écumoires ont de grandes dimensions, $0^m,50$ de diamètre et $0^m,10$ de profondeur à l'intérieur; elles tiennent de 125 à 150 kilog. de cristaux de plomb; les trous dont elles sont percées ont environ $0^m,01$ de diamètre. Il semble que de moindres dimensions des écumoires, en facilitant le travail, pourraient permettre une meilleure séparation des cristaux et de la liqueur adhérente. En second lieu, il y aurait aussi quelque chose à gagner à avoir des trous plus fins pour l'écumage des chaudières riches, puisque l'expérience a montré que les cristaux étaient plus petits dans celles-ci que dans les chaudières pauvres.

Le plomb des chaudières extrêmes, I et XV, est puisé au moyen de cuillers creuses en tôle, semblables à celles qu'on emploie pour le transvasement des liqueurs mères. Le plomb pauvre est versé dans des moules en fonte de forme demi-cylindrique, arrondis aux extrémités, ayant $0^m,90$ de long sur $0^m,11$ de large, tandis que le plomb riche, destiné à la coupellation, est coulé dans des moules qui n'ont guère, pour une égale largeur, que $0^m,30$ de longueur.

Le transport des saumons de plomb marchand, à cause de leur poids, se fait au moyen de petits chariots bas, recouverts d'une plaque de tôle, dont la forme est figurée sur les dessins (*fig.* 14 et 15 de la Pl. III).

Avant de sortir de l'atelier, les saumons de plomb marchand reçoivent l'estampille de l'usine où ils ont été produits: MH pour l'usine de la Mulde (Muldner-Hütte), HH pour la Halsbrükner-Hütte.

Résultats économiques. — Pendant le cours du 2e semestre de 1862, à l'usine de la Mulde, l'atelier du pattinsonage a reçu :

$1.779^{t},25$ de plomb d'œuvre provenant du raffinage, et contenant $7.291^{k},795$ d'argent;
$302^{t},16$ de plomb d'œuvre provenant de la réduction des litharges, et contenant $140^{k},250$ d'argent.

On a retiré de la cristallisation :

$1.268^{t},160$ de plomb tendre pour le commerce;
$461^{t},185$ de plomb d'œuvre riche à la teneur de 1.519 grammes d'argent aux 100 kilogrammes, renfermant par conséquent $7.006^{k},190$ d'argent;
$393^{t},150$ de crasses (abzugs) à des teneurs diverses, renfermant $339^{t},795$ de plomb et 377 kilogr. d'argent.

Ainsi le plomb mis en œuvre atteignait le poids de :

$2.081^{t},410$ renfermant $7.432^{k},045$ d'argent.

On retrouve dans la totalité des produits :

$2.069^{t},140$ de plomb et $7.383^{k},190$ d'argent.

La perte faite dans le pattinsonage proprement dit et le ressuage des crasses s'élève à :

$48^{k},855$ d'argent, ou 0,657 p. 100 du métal contenu.
$12^{t},270$ de plomb, ou 0,59 p. 100 —

La perte en argent est due, partie à un déchet véritable par volatilisation, partie à la proportion de métal précieux qui reste dans le plomb marchand; l'incertitude des résultats fournis par les coupellations en petit sur les plombs très-pauvres ne permet pas d'évaluer séparément cette dernière proportion de métal.

Le travail des chaudières a duré 153 jours; le ressuage des crasses en a employé 22 1/2.

Les ouvriers de l'atelier du pattinsonage sont à la tâche; ils reçoivent une somme équivalente à $1^{f},6875$ par chaudière écumée. Dans la campagne dont il est ici question,

s ont fait 5.712 écumages, soit environ 37 à 38 écumages par jour de travail.

Chacun des écumages supposant le déplacement de 10 tonnes de plomb, on voit que le rapport de la quantité obtenue de plomb, riche et pauvre, à la quantité de plomb réellement transportée par les ouvriers, ou ce que l'on peut n quelque sorte considérer comme l'*effet utile* de la cristallisation, est égal à la fraction $\frac{1.729,345}{51.720}$ ou à $\frac{1}{30}$ environ.

Les frais spéciaux ont été les suivants pour les 2.081^t,46 de plomb d'œuvre soumis à l'opération :

		francs.
Main-d'œuvre.	Ouvriers pour le service des chaudières, 5.508 journées.	9.639,00
	Manœuvres pour le même service, 490 journées.	588,00
	Manœuvres pour la coulée, le nettoyage, le transport et le pesage du plomb, 964 journées.	1.156,80
	Fondeurs et aides pour le ressuage, 108 journées	146,00
	Manœuvres pour travaux accessoires, 230 journées.	276,00
Combustible.	Houille pour les chaudières, 815^t,5. . .	10.710,60
	— pour le ressuage, 17^t,4.	231,25
	Lignite pour les chaudières, 45^t,4.	705,50
	Escarbilles — 93^t,6. . . .	936,00
Entretien. . .	Remplacement de 12 chaudières et 2 couronnes.	3.054,30
	Réparations des outils et des fours. . .	300,00
		27.743,65

Soit pour 1 tonne de plomb d'œuvre :

		francs.
Main-d'œuvre.	$3^j,507$	5,670
Combustible.	Houille, $0^t,406$	5,257
	Lignite, $0^t,022$	0,340
	Escarbilles, $0^t,045$	0,450
Entretien		1,611
		13,328

Remarque. — Si l'on compare le pattinsonage, tel qu'il se fait à Freiberg avec l'opération qui s'exécute à Altenau dans le Harz, on est frappé de quelques différences saillantes qu'il faut attribuer en majeure partie à l'inégale pureté des plombs d'œuvre.

A l'usine d'Altenau, en effet, les plombs provenant des fontes de minerais et de mattes, reçus ensemble au pattinsonage, renferment environ 0,8 à 1 p. 100 d'antimoine; pour se débarrasser de cette substance nuisible, on provoque la formation de crasses oxydées par l'immersion de perches de bois vert, produisant un bouillonnement prolongé du bain métallique. Cela oblige à mener l'opération avec une grande lenteur : dans l'espace de 24 heures, on ne fait que quatre écumages, correspondant au déplacement de 45 tonnes de plomb (chaque chaudière contient 11.250 kilogrammes de plomb). Les treize chaudières dont se compose la batterie sont desservies pendant un poste de jour par huit ouvriers, distribués en deux groupes, et par un égal nombre pendant un poste de nuit.

Le plomb d'Altenau est introduit dans les chaudières avec une teneur de 240 à 250 grammes d'argent; il donne, d'une part un plomb marchand d'une grande pureté à $2^g,5$ d'argent, de l'autre du plomb enrichi à 580 ou 600 grammes. L'antimoine qui n'a pas été enlevé dons les crasses, se concentrant du même côté que l'argent, ne permet pas de pousser plus loin avec avantage l'enrichissement du plomb d'œuvre.

On est fort loin, comme on voit, de la richesse à laquelle

on arrive dans les usines de Freiberg, et néanmoins la main-d'œuvre est bien plus considérable qu'en ces dernières. La cristallisation proprement dite, le traitement des crasses produites et les accessoires de ces deux opérations exigent à Altenau 42 heures de travail (*). Ils ne demandent à Freiberg que 28 heures (3j,507) et moins de 32 heures, lors même qu'on y ajoute la main-d'œuvre du raffinage qui a précédé.

Cela suffit à donner quelque idée de l'avantage qu'on retire de l'opération préalable du raffinage.

Je ne pousserai pas plus loin la comparaison de Freiberg et d'Altenau; le mode différent de distribution du travail entre les ouvriers, et la nature très-dissemblable des combustibles (dans le Harz, on se sert concurremment, et suivant les phases de l'opération, de bois, de tourbe et de bonne houille westphalienne) ne se prêtent pas à un parallèle exact entre les résultats économiques des deux procédés.

Quant aux déchets sur les métaux, ils paraissent atteindre dans les deux cas des proportions analogues.

Coupellation.

La coupellation (*Abtreiben*) se fait par la méthode de filage, dans de grands fours allemands à voûte mobile; nous n'entrerions point dans la description de cette opération bien connue de tous les ingénieurs, s'il n'y avait quelques détails intéressants à signaler, soit dans la disposition des fours, soit dans les pratiques des ouvriers.

Fours (Pl. III, *fig.* 1 à 10). — Il existe trois fours de coupellation à l'usine de la Mulde et deux à celle de Halsbrücke, tous construits sur un même modèle. Les fondements sont traversés par deux carneaux rectangulaires (*a*)

(*) Bruno Kerl. *Oberharzer Hüttenprozesse.* 1860.

destinés à leur assèchement. Au-dessus s'élève une maçonnerie en forme de couronne (*c*) entourée par des plaques de tôle et consolidée par des armatures (*f*). La tôle est percée de deux rangées de trous communiquant à des canaux de dessiccation (*d*). Dans l'espace vide et légèrement conique laissé par la couronne de maçonnerie, on dispose une couche (*g*) d'un mélange à parties égales de quartz et d'argile, avec $0^m,20$ d'épaisseur au centre et un peu plus sur les bords. On fait au-dessus la sole proprement dite (*h*) en marne, soit naturelle, soit artificiellement formée de 1 partie d'argile et 3 à 4 parties de calcaire. Cette sole est épaisse de $0^m,10$ au centre; elle présente une flèche de $0^m,25$; sa forme est presque circulaire; elle a $2^m,70$ de diamètre parallèlement au long côté de la chauffe et $2^m,50$ dans le sens perpendiculaire.

Le four est fermé sur son pourtour par une maçonnerie de briques (*k*), dans laquelle sont ménagées 4 ouvertures ayant chacune leur destination spéciale; l'une (*l*) livre passage aux flammes du foyer; dans une seconde (*t*) se posent les deux tuyères, qui convergent au centre du four; une troisième porte (*m*) *Glättloch*, garnie de plaques en tôle, sert à l'écoulement des litharges; la maçonnerie présente au-dessous de cette porte un retrait, devant lequel on place à volonté une feuille de tôle deux fois pliée, complétant avec la paroi du four un récipient pour les litharges. — Une quatrième porte enfin, *Schürloch*, située à peu près à l'opposé du foyer, sert au départ des fumées; elle est, à cet effet, surmontée d'une hotte de tôle et d'un tuyau recourbé, qui conduit à un canal de condensation souterrain, et de là à la cheminée d'appel. Les fumées qui sortent accidentellement par la porte des litharges, sont appelées de même par une hotte et conduites au même canal.

Le chapeau du four se compose de feuilles de tôle attachées à une carcasse en fer, et revêtues intérieurement d'argile réfractaire que fixent de petites lames de tôle recour-

bées, formant en quelque sorte rivets. Six chaînes en fer portent le chapeau ; elles sont suspendues par un anneau unique à l'extrémité d'un levier à contre-poids, qu'un seul homme manœuvre sans peine. Ce levier est lui-même supporté par le bras d'une grue en fer, munie de deux pivots, qui sont solidement enchâssés du bas et du haut (Pl. III, *fig.* 5 et 6).

Lorsque l'on a défait les quelques crochets qui l'attachent à la partie fixe du four, le chapeau peut être, grâce au levier, facilement soulevé de quelques centimètres au-dessus de la maçonnerie ; en faisant alors tourner la grue sur ses pivots, on met la sole complétement à découvert. Les deux hottes en tôle, par où passent les fumées, faisant corps avec le chapeau, s'enlèvent avec lui ; il faut à ce moment empêcher le passage inutile de l'air frais dans le canal de condensation, et pour cela on ferme l'entrée du tuyau de tôle au moyen d'un couvercle dont les bords posent dans une couronne évidée, disposition imitée des fermetures hydrauliques.

Un long tuyau de tôle s'élève au-dessus du four contre la paroi d'une haute cheminée, qui sert à ventiler l'atelier ; on met les hottes de tirage en relation avec ce tuyau, pendant le temps que durent les réparations ou les nettoyages des galeries de condensation.

Le chauffage des fours de coupelle se fait au bois ; on a essayé d'y substituer la houille, mais elle ne donnait pas un feu assez clair, et demandait trop de tirage. D'autres essais, pour l'emploi de générateurs à gaz, n'ont pas réussi.

Le vent est donné par deux buses, munies de pavillons ; il est distribué par un appareil à valves régulatrices, semblable à celui dont nous avons parlé pour les fours à cuve.

Opération. — L'opération commence par la confection d'une nouvelle sole de marne après l'enlèvement de celle qui vient de servir. La marne finement pulvérisée, puis blutée, est légèrement humectée d'eau, de façon à pouvoi

prendre corps par la pression ; on ajoute préalablemeut à la marne nouvelle une partie de celle de l'opération précédente, qui n'a point été agglomérée par les infiltrations de litharge. On dispose la matière par lits superposés, que l'on foule avec les pieds ; puis on bat avec un pilon jusqu'à une compacité telle que le doigt ne marque plus son empreinte. Ce travail ne dure pas plus de deux heures ; il est fait par le coupelleur lui-même et son aide.

La sole une fois préparée, le coupelleur range à la main les saumons de plomb, de manière à en former un tas, dans lequel l'air puisse circuler ; il allume au-dessus quelques fagots de bois, et la dessiccation de la sole est rapide. Il peut bientôt ensuite commencer le feu sur la chauffe, après avoir fait descendre le chapeau sur le four et luté les bords avec une argile mélangée de sable. Le feu est conduit assez vivement jusqu'à la fusion complète du plomb. A ce moment, le vent est donné par les deux buses. Le feu est dès lors entretenu avec régularité par des quartiers de bûches ou des fagots, ajoutés à quelques minutes d'intervalle.

Lorsqu'on a des minerais d'argent très-riches, on les soumet à la coupellation directe, et pour cela, on les place sous le plomb d'œuvre, et on mène le feu lentement afin d'éviter les pertes, soit par volatilisation, soit par entraînement des poussières.

On enlève avec une buchette les crasses noirâtres qui recouvrent le bain de métal fondu ; ces crasses, ou *abzugs*, dont le poids ne dépasse pas ordinairement 100 kilogrammes, sont formées d'oxyde de plomb et de substances étrangères plus ou moins oxydées ; elles sont, dans cette opération, les équivalents des *schlickers* dans l'affinage du plomb d'œuvre brut.

Aussitôt après l'enlèvement des abzugs, commence la période de formation des litharges ; le plomb est assez pur pour qu'il ne se forme pas d'abstrichs ou litharges noires, comme cela arrive avec les plombs un peu chargés d'arsenic

ou d'antimoine; néanmoins on distingue les premières litharges des suivantes, pour les revivifier séparément.

Lorsque le coupelleur juge qu'il y a assez de litharges produites, il commence à faire dans la marne, devant la porte de travail, la rigole qui porte le nom de *voie des litharges* (*Glättgasse*). Il ménage dans cette rigole un petit bassin, où doivent s'arrêter les parcelles de plomb entraînées.

Les litharges s'écoulant par la porte de travail, se trouvent emprisonnées dans le moule dont j'ai parlé plus haut; elles forment des pains de grandes dimensions ($0^m.70$ sur $0^m.45$ et $0^m.40$) pesant 750 kilogrammes environ. Ces pains, encore très-chauds, souvent même encore en partie liquides à l'intérieur, sont emportés sur un chariot en fer, de dimensions appropriées, figuré par les dessins (Pl. III, *fig.* 16 et 17).

Lorsque le bain métallique s'est abaissé, au point que les litharges ne peuvent plus s'écouler au dehors, on procède à l'addition de saumons de plomb, appelée *filage* (*Nachsetzen*); quatre saumons sont ordinairement placés à la fois sur une table de fonte, inclinée vers l'intérieur du four, sous la porte qui donne issue aux fumées. La fusion se fait peu à peu à la surface de ces saumons, et les gouttelettes tombent dans le bain métallique.

Le même travail se poursuit pendant fort longtemps. On commence d'ordinaire le feu vers huit heures du matin, et c'est le troisième jour, vers minuit ou une heure du matin, qu'on cesse le filage.

Il faut alors commencer à approfondir la voie des litharges, à mesure que le niveau du plomb s'abaisse. A la fin, le coupelleur est même obligé de les aider à sortir, en se servant d'un petit râble en fer. Les litharges de cette dernière période entraînent une quantité notable d'argent; on les met de côté avec celles du commencement de l'opération.

L'avantage incontestable de la méthode de filage est

l'économie de combustible et de main-d'œuvre; mais elle a aussi ses inconvénients : le plomb ajouté contient quelques impuretés, notamment de l'antimoine, qui pendant le pattinsonage, s'est concentré dans le plomb riche; il en résulte que les litharges produites après le commencement du filage, ne satisfont pas aux exigences du commerce. Néanmoins, on réussit à obtenir en suffisante quantité des litharges marchandes, en prolongeant la première partie de l'opération. On charge dès l'abord, dans le four, la plus grande masse possible de plomb d'œuvre, environ 6 1/2 tonnes; on met de côté, pour la revivification, les premières litharges produites, et on reçoit les suivantes dans le moule; on retire ainsi, avant de faire la première addition de plomb, jusqu'à 1 1/2 tonne de bonnes litharges rouges.

Une grande pureté et en même temps une certaine lenteur du refroidissement, sont les conditions nécessaires à la formation des litharges rouges; on a donc dans leur couleur même un gage de leur pureté; aussi sont-elles seules acceptées avec faveur dans le commerce à Freiberg; les litharges jaunes, trop dépréciées pour être vendues, sont en totalité ramenées dans l'usine à l'état de plomb métallique, malgré les frais et les pertes qu'entraîne cette opération. On intéresse les ouvriers à la production des litharges rouges, en y affectant une ime de $0^f,50$ par tonne. Il est d'ailleurs facile de séparer les deux espèces de litharges par le cassage des pains et le tamisage, soit sur un crible à la main, soit dans un blutoir à huit pans. Il ne passe au travers des mailles fines que de la litharge rouge bien pure, parce que seule elle se désagrège complétement.

L'opération se termine par la disparition progressive des litharges qui s'absorbent dans la sole du four. On juge alors de son degré d'avancement par l'aspect du bain. Le voile formé par les litharges se déchire ; elles forment à la surface de l'argent des dessins ramifiés et toujours changeants, puis se retirent tout à fait sur les bords et laissent voir l'éclat

métallique du bain : c'est le moment de l'éclair (*Blick*).

Aussitôt le coupelleur introduit dans le four, et bientôt après pose au milieu du gâteau d'argent un outil appelé *couteau*, formé d'une tige de fer, plate vers l'extrémité, sur laquelle sont implantées plusieurs lames en biseau (Pl. III, *fig.* 11). Il verse ensuite sur la sole, par un coulisseau de tôle, une assez grande quantité d'eau qui, dans l'espace de quelques minutes, refroidit assez le gâteau d'argent pour que l'extraction en soit possible ; on éteint en même temps le feu par des aspersions d'eau.

Il s'agit alors de détacher le gâteau et de l'enlever, ce qui offre quelque difficulté, en raison de son poids considérable. On défait les attaches du chapeau, et on le fait tourner, de manière à découvrir entièrement le four. En appuyant fortement sur le manche du couteau, auquel adhère la masse d'argent, en donnant quelques secousses et s'aidant d'un ringard comme de levier, on parvient à détacher le gâteau de la sole, et à l'amener jusqu'à la porte des litharges. Comme il n'y pourrait point passer, sept ou huit hommes, réunissant leurs efforts, le soulèvent jusqu'au-dessus de la maçonnerie, et le font ensuite glisser jusqu'à terre appuyé sur les montants d'une petite échelle ; à coups de masse, on le détache du couteau, et, profitant des entailles laissées par celui-ci, on le brise en morceaux plus maniables, dont on fait la pesée dans une petite salle voisine, sous les yeux du contre-maître.

Produits. — Une coupellation faite sur 17 tonnes de plomb d'œuvre raffiné donne ordinairement les résultats suivants :

L'opération dure 3 jours ou 72 heures environ, y compris la confection de la sole. Elle donne :

100 kilogrammes d'abzugs et ordinairement point d'abstrichs ;

— De 1,5 à 3 tonnes de litharges rouges dont la teneur atteint à peine 5 à 7 grammes d'argent aux 100 kilogr. ;

— Une forte proportion de litharges jaunes, soit de 12 à 14 tonnes, avec une teneur de 10 à 40 grammes, soumises plus tard à la revivification et au pattinsonage;

— Enfin de 2 tonnes à 2^t,4 de débris de sole, tenant environ 60 p. 100 de plomb et 25 grammes d'argent. De ces débris de soles, une petite quantité retourne à la fonte plombeuse avec les minerais riches en argent, et la majeure partie est envoyée à la revivification.

Le gâteau d'argent dit ***argent d'éclair*** pèse de 220 à 225 kilogrammes. Il est au titre de 96,5 p. 100.

On peut juger de la composition des litharges de Freiberg par les résultats suivants, trouvés en 1859 à l'usine de Halsbrücke (communiqués par M. Reich) :

	LITHARGE rouge.	LITHARGE jaune.
Oxyde de plomb	98,17	97,81
Oxydule de cuivre	0,11	0,09
Peroxyde de fer	0,08	0,12
Alumine	0,09	0,12
Acide arsénieux / Acide antimonique	0,36	0,47
Acide carbonique	0,74	0,62
Résidu insoluble	0,15	0,17
	99,80	99,40

Un four de coupellation est desservi par deux ouvriers, le chef coupelleur et son aide, qui reçoivent respectivement, par tonne de plomb, 1^f,50 et 1^f,25; des manœuvres amènent le bois auprès des fours et font le transport du plomb d'œuvre et des litharges. La consommation de bois est de 0st,9 à 1 stère, soit environ 0^t,30 à 0^t,33, par tonne de plomb d'œuvre.

L'entretien d'un four de coupellation coûte en moyenne par opération 20^f,90, et l'usure des outils équivaut à 1^f,025.

Raffinage de l'argent. — L'argent d'éclair est débarrassé de ses dernières impuretés par une fonte au réverbère, qui peut être considérée comme la suite et le complément de la coupellation.

Le four de raffinage (Pl. III, *fig.* 20 et 21) a, comme le four de coupellation, une voûte mobile en tôle, intérieurement revêtue d'argile réfractaire et qui s'élève à $0^m,25$ au-dessus du pont. Deux buses de $0^m,018$ de diamètre lancent le vent sur les deux côtés du pont; le rampant conduit les gaz du four à un canal souterrain, servant au dépôt des particules solides entraînées et des fumées qui se condensent. La sole est faite par le raffineur même, en marne moitié neuve, moitié provenant d'anciennes soles; elle est battue au poing, puis au maillet, et polie avec le plus grand soin. Lorsque ce travail est terminé, on replace le chapeau et on en lute les bords; puis on chauffe doucement, au bois d'abord et plus tard à la houille, pour sécher le four. La confection de la sole dure ordinairement depuis 8 heures jusqu'à 11 heures du matin, et le feu s'entretient depuis 11 heures jusqu'à 8 heures du soir, heure de l'enfournement. Les opérations se font toujours de nuit, soit pour éviter la présence des importuns, soit afin que le raffineur puisse mieux juger de la couleur de l'argent fondu, d'après laquelle il doit régler la marche du four.

Le chargement se fait au moyen d'un outil en forme de fourche, que l'on passe sous les morceaux d'argent; on les empile avec précaution, d'abord par la porte de travail latérale, ensuite par la porte du rampant qui est murée aussitôt après. La charge est montée de cette manière jusqu'à la voûte; son poids dépasse quelquefois une tonne. On donne toujours au creux de la sole d'assez grandes dimensions, pour que le niveau du bain métallique fondu se trouve à $0^m,025$ environ au-dessous de l'œil de la tuyère.

L'opération présente une durée d'environ 12 heures après le chargement : 2 heures pour la fusion, 8 heures pour

l'affinage proprement dit jusqu'aux premières prises d'essai, enfin 2 heures à partir de ce moment jusqu'à la fin.

Pour faire un essai, on s'y prend de la manière suivante : on remue le bain d'argent avec un ringard recourbé, et l'on puise dans une petite cuiller un peu d'argent que l'on y laisse refroidir; aussi longtemps que l'argent renferme du plomb, le bouton d'argent se recouvre de dessins rayonnants assez visibles; ces dessins disparaissent à mesure que la pureté de l'argent est plus grande.

Les derniers essais ont dans leur cassure une couleur grise bien reconnaissable, un grain très-fin et uniforme; en même temps le bain de métal est d'un blanc jaunâtre et présente une surface très-réfléchissante qui indique l'entière disparition de la litharge, absorbée par la marne de la coupelle.

On arrête alors le vent, tout en continuant à entretenir le feu, et on coule l'argent, au moyen d'une poche en tôle de $0^{m},20$ de diamètre, dans de petites coupes, également en tôle et blanchies à la chaux, de $0^{m},25$ de diamètre. Les pains pèsent à peu près 10 kilogrammes.

L'argent fait ordinairement des projections en se refroidissant : c'est le phénomène bien connu du rochage; mais on empêche toutes pertes en couvrant de planches les petits bassins où se trouve le métal.

Il faut de temps en temps, pendant la coulée, réchauffer le bain en y jetant quelques charbons, fermant la porte de travail et activant le feu.

A chaque opération, on grenaille une petite quantité d'argent pour les essais de la Monnaie, en le faisant couler dans l'eau, à travers de menus branchages.

L'argent raffiné de Freiberg contient un peu plus de 997 millièmes d'argent pur.

Un raffineur, homme de confiance, et un aide payé par lui, sont seuls employés à l'opération. Le raffineur reçoit

$0^{f},025$ par kilogramme d'argent. On brûle par tonne d'argent environ $0^{t},600$ de houille.

Extraction de l'or et du bismuth. — Les minerais reçus par les usines de Freiberg contiennent un peu d'or et de bismuth.

On fait, sur les portions de l'argent qui en méritent la peine, l'opération du *départ* pour l'extraction de l'or. Je n'insisterai pas sur cette opération très-connue, et qui se présente rarement à Freiberg.

Le bismuth accompagne l'argent dans toutes les opérations du traitement, et se concentre enfin dans l'argent d'éclair; pendant le raffinage de celui-ci, il passe, avec les dernières portions d'oxyde de plomb, dans les couches supérieures de la sole, qui prennent le nom de *Teste* (coupelles). Ces portions de sole sont mises de côté après chaque opération du raffinage, et au bout d'un certain temps reprises pour l'*extraction du bismuth.*

Pour cette opération, on laisse digérer à froid les matières avec 1/5 environ d'acide chlorhydrique, auquel on ajoute la moitié de son poids d'eau; puis on lave les résidus avec une égale quantité d'acide, cette fois un peu plus étendu.

Le bismuth entre en dissolution à l'état de chlorure; en étendant progressivement d'eau la liqueur, on en précipite un chlorure basique de bismuth; on achève de saturer la liqueur mère avec de la chaux. Le sel de bismuth est retenu sur un filtre, puis séché et soumis à la fusion avec du carbonate de soude. Enfin le bismuth métallique obtenu est fondu de nouveau avec du borax, et purifié ainsi du plomb qu'il pouvait garder; il entre à cet état dans le commerce.

Les résidus du lessivage sont plombeux et argentifères; on les envoie à la fonte plombeuse des minerais, ou de préférence à une fonte riche.

En 1862, on a soumis à l'extraction $1^{t},136$ de débris de coupelles, provenant de l'une et de l'autre usines.

Le traitement a duré 60 jours, et a demandé : 231 journées d'ouvriers, 5 tonnes de houille et escarbilles, 3t,015 d'acide chlorhydrique à 46f.80 la tonne, enfin quelques autres matières déjà mentionnées. La dépense totale s'est montée à 655 francs.

On a retiré 192 kilogrammes de bismuth raffiné, vendu au prix de 15 francs le kilogramme, soit 2 080 francs ; et en outre, 560 kilogrammes de résidus de lessivage, tenant 40 p. 100 de plomb et 4,162 p. 100 d'argent.

Résultats économiques. — On a obtenu les résultats suivants de la coupellation du plomb d'œuvre riche et du raffinage de l'argent, à l'usine de la Mulde, pendant les six derniers mois de l'année 1862.

Les matières soumises à l'extraction de l'argent se composaient de :

		Argent.
461t,185	de plomb venant du pattinsonage, contenant :	7.006k,190
225t,400	— de la fonte plombeuse riche	1.741k,000
0t,304	de minerai d'argent (Dürrerz), contenant. . .	199k,202
686,889	Somme	8.946k,392

J'indique dans le tableau suivant les quantités des différents produits obtenus et les poids des métaux qu'ils contiennent, calculés d'après la teneur trouvée à l'essai :

		Plomb.	Argent.
81t,050	litharge rouge marchande.	76t,585	—
10t.950	abzugs.	7t,675	18k,925
550t,500	litharges à révivifier.	478t,935	160k,215
70t,400	fonds de coupelles.	42t,240	17k,600
9 046k,63	argent d'éclair, à 967 millièmes d'argent fin.		

Ce dernier produit a été soumis au raffinage, et a donné :

		Plomb.	Argent.
8.753k,76	argent raffiné à $\frac{997,2}{1000}$	—	8.729k,312
0t,381	fonds de coupelles.	—	6k,820
	La totalité des produits renferme donc. . .	605t,435	8.932k,872

Par conséquent, les pertes en métaux accusées par les essais s'élèvent à :

14^k,520 d'argent ou 0,162 p. 100 du métal contenu ;
81^t,150 de plomb ou 11,82 p. 100 du poids de l'alliage riche soumis à la coupellation.

Si l'on tient compte du poids de l'argent contenu dans cet alliage, la perte en plomb se trouve réduite à 72^t,20 ou 10,65 p. 100 du métal contenu.

L'extraction de l'argent dont nous venons d'examiner les produits et les pertes, s'est faite en 41 coupellations, qui ont duré ensemble 2 764 heures, soit par conséquent 67 à 68 heures de feu pour chacune.

Le raffinage de l'argent d'éclair a occupé huit campagnes, de 12 heures chacune.

Les frais spéciaux pour les deux opérations ont été les suivants :

1° Pour la coupellation :

		francs.
Main d'œuvre.	Coupelleurs, 366 postes de 8 heures. . .	1.020,90
	Aides, *id.* *id.*	850,75
	Primes pour 86 tonnes de litharge rouge .	43,00
	Manœuvres pour les transports, 276 j. . .	331,20
Combustible.	Bois, 128 tonnes.	3.156,50
	Copeaux, 16^t,7.	167,00
Soufflerie.		199,00
Entretien des fours et outils.		900,00
		6.668,35

2° Pour le raffinage de l'argent :

Main d'œuvre.		223,00
Combustible.	Houille, 8^t,9.	134,10
	Charbon de bois, 0^t,13.	17,10
Entretien.		49,50
		423,70

Soit pour les deux opérations réunies, pour une tonne de plomb d'œuvre riche, soumise à la coupellation :

		francs.
Main d'œuvre. 1^j,530.		3,595
Combustible.	Bois, 0^t,211.	4,838
	Houille et charbon, 0^t,013.	0,220
Soufflerie.		0,289
Entretien des fours et outils.		1,383
		10,325

Revivification des produits oxydés.

Les produits qui doivent être soumis à la réduction sont, d'une part les litharges de la coupellation, de l'autre les crasses du raffinage du plomb ou du ressuage des schlickers.

Dans les deux cas l'opération est à peu près la même. Il n'y a lieu de faire une distinction qu'au point de vue des fondants à ajouter et de la rapidité de l'opération.

La réduction avait lieu autrefois dans des fours à manche à une seule tuyère; elle se fait aujourd'hui dans des fours doubles, semblables à ceux de la fonte des minerais et des mattes; mais n'ayant que 2^m,28 de hauteur totale au lieu de 4^m,43.

A. Les *litharges* sont chargées sans aucun fondant contre la rustine du four, et le coke contre la poitrine. Le plomb obtenu devant en majeure partie subir le raffinage, on ne se préoccupe pas de l'obtenir bien pur, et on fait aller l'opération aussi rapidement que possible; en 24 heures on peut passer jusqu'à 45 tonnes de litharge; huit ouvriers sont alors occupés par un seul four, et l'on fait 20 percées du creuset.

On va moins vite lorsque le plomb doit être, sans raffinage préalable, soumis à la cristallisation, et l'on ne passe alors en 24 heures que 25 tonnes de litharges avec le concours de 5 ouvriers seulement.

Les litharges du commencement et de la fin de la coupellation, désignées sous les noms de *Vorschlagglätte* ou de *Scheideglätte*, sont ordinairement réduites à part ou bien avec les débris de soles. Ces matières formeraient un lit de fusion trop acide, et, pour corriger ce défaut, on ajoute une certaine proportion, environ 10 p. 100, de scories anciennes, dont la composition est assez basique. Dans ce cas on est obligé de ralentir encore davantage la production d'un four, et de ne donner que 15 tonnes de litharges en 24 heures.

On comprend que les *scories de la revivification* soient très-acides et difficilement fluides, car elles sont principalement fournies par les cendres siliceuses et alumineuses du coke mêlé de schiste, qui est employé dans cette fonte. Aussi retiennent-elles une forte proportion de plomb, proportion qui va à 25 et 30 p. 100 de leur poids.

En conséquence on les fait repasser dans les mêmes fours à la fin de chaque campagne, mais cette fois avec addition de 5 p. 100 de pyrite, destinée à rassembler les métaux dans une matte, et en ne donnant à un four que cinq tonnes en 24 heures. — Les produits de cette seconde fonte (*Veränderung*) sont les suivants :

Un plomb d'œuvre très-impur, qui est raffiné et pattinsoné ;

— Une matte qui est introduite dans le traitement des autres mattes ;

— Une scorie acide, dont la composition répond à un bisilicate ou à un mélange de proto- et de bisilicate. Cette scorie rend à l'essai 3 p. 100 de plomb, elle en contient assurément beaucoup plus ; on la fait entrer dans les lits de fusion de la fonte des mattes.

B. Les *abstrichs* et *gekrätz* du raffinage, dont l'origine se trouve expliquée plus haut, sont soumis à la fonte réductive dans les mêmes fours à cuve que les litharges. On ajoute au lit de fusion des scories plombeuses anciennes, et des pyrites grillées ou bien du minerai de fer magnétique un peu cuivreux.

Les produits sont comme précédemment :

Du plomb pour le raffinage ;

— De la matte, qui est grillée et envoyée à la fonte des mattes ;

— Une scorie, rendant à l'essai de 15 à 20 p. 100 de plomb, contenant un peu d'argent et des substances étrangères nuisibles, cuivre et antimoine ; cette scorie est traitée comme celle qui vient de la réduction des litharges.

Nous avons déjà dit que le plomb résultant de la réduction des crasses du raffinage, était lui-même raffiné, mais seulement dans les limites où l'on pouvait espérer en obtenir du plomb d'assez bonne qualité ; lorsque l'antimoine et l'arsenic y sont assez concentrés, on en fait un plomb aigre qui est livré au commerce pour des usages spéciaux.

Résultats économiques. — Pendant la campagne du 2e semestre de 1862, les fours à cuve ont eu 95 jours de travail pour la réduction des litharges et des autres produits oxydés résultant du traitement du plomb d'œuvre. Ces 95 jours comprennent 6 jours pour la mise en feu et la mise hors feu.

Les matières oxydées soumises à cette fonte de réduction se composaient des litharges et des abzugs de la coupellation, des fonds de coupelles (sauf ceux du raffinage de l'argent, réservés pour l'extraction du bismuth), des crasses réunies du raffinage et du pattinsonage.

Les opérations précédentes du travail du plomb d'œuvre avaient fourni 1224t,25 de matières, renfermant

1.022t,822 de plomb, et 665k,210 d'argent.

On a ajouté 111t,55 de matières plombeuses de même nature, avec

68t,195 de plomb et 110k,530 d'argent ;

Puis 50t,00 de scories anciennes, à 2,6 p. 100 de plomb, et 8 grammes d'argent, soit

1t,300 de plomb et 40k,000 d'argent ;

Enfin 18t,4 de minerai (zuschlagserz), contenant

2t,655 de plomb et 1k,895 d'argent.

En somme, les 1.404t,21 de lit de fusion renfermaient, d'après les essais,

1.094t,212 de plomb et 782k,395 d'argent.

On a retiré des diverses fontes réductives :

> 710^t,00 de plomb pour le raffinage, contenant 653 kilogrammes d'argent ;
> 302^t,16 de plomb assez pur pour être envoyé directement au pattinsonage (il contenait 140^k,25 d'argent);
> 37^t,875 de matte avec 6^t,122 de cuivre, 15^t,150 de plomb et 11^k,362 d'argent;
> 271^t,405 de scories rendant à l'essai 3 p. 100 de plomb;

En définitive 1.321^t,00 de produits, renfermant

1.035^t,452 de plomb; 804^k,612 d'argent; 6^t,222 de cuivre.

Les nombres qui précèdent indiquent une perte en plomb de 58^t,760, ou 5,37 p. 100 du métal contenu dans le lit de fusion, et une augmentation de rendement de 22^k,217 sur l'argent, soit 2,84 p. 100 de l'argent contenu.

C'est encore ici le lieu de rappeler que les essais pour argent des matières pauvres, dans les fours de laboratoires, sont susceptibles d'erreurs qui masquent complétement les véritables pertes de l'opération en grand.

Remarquons aussi en finissant que l'on a retiré de la fonte de revivification, dans la matte, 6^t,122 de cuivre qui n'étaient pas signalées par les essais.

Les frais spéciaux de l'opération se répartissent comme il suit :

		francs.
Main d'œuvre.	Grilleurs, 22 journées	33,00
	Fondeurs et chargeurs à la tâcho, 1.268^j.	2.282,00
	Manœuvres, 47 journées	56,40
Combustible.	Houille pour grillage, 2^t,7	36,00
	Coke pour fusion, 182 tonnes	4.368,00
Bocardage de 20^t,5 de matte		18,25
Soufflerie		248,75
Entretien des fours et outils		291,60
		7.334,00

Soit par tonne de lit de fusion :

		francs.
Main-d'œuvre.	$0^j,952$	1,688
Combustible.	$0^t,002$ houille	0,026
	$0^t,129$ coke	3,111
Soufflerie et bocards.		0,190
Entretien des fours et outils		0,208
		5,223

Résumé. — Je terminerai ce chapitre en présentant le relevé général des résultats obtenus dans le traitement du plomb d'œuvre, et le résumé des frais spéciaux rapportés à la tonne de plomb.

On a soumis :

Au raffinage $1.268^t,25$ de plomb d'œuvre provenant des fontes de minerais et de mattes, et 710 tonnes de la réduction des produits oxydés ;

Au pattinsonage $1.779^t,41$ de plomb raffiné, et $302^t,16$ de plomb venant de la revivification des litharges ;

A la coupellation $461^t,185$ de plomb enrichi par le pattinsonage, $225^t,40$ de plomb résultant de fontes plombeuses riches, et $0^t,3043$ de minerai d'argent ;

Enfin à la revivification 1404 tonnes de lit de fusion, formé en majeure partie de produits oxydés du traitement avec une certaine proportion de scories anciennes et de minerai.

Les matières entrant dans le travail du plomb d'œuvre renfermaient en totalité :

Argent $8.792^k,437$. Plomb $1.565^t,040$.

On a retiré comme produits définitifs de ce travail :

$17^t,930$ de plomb antimonial et arsenical ; $1.268^t,160$ de plomb tendre ; $81^t,050$ de litharge rouge ; $37^t,870$ de matte ; $271^t,405$ de scories à 3 p. 100 de plomb, destinées à repasser dans les fontes de mattes ou de minerais ; enfin $8.753^k,76$ d'argent raffiné ; et $0^t,381$ de débris de cou-

pelles de raffinage, mises en réserve pour l'extraction du bismuth.

Il se retrouve, dans l'ensemble des produits, les quantités de métaux suivantes :

Argent 8.747k,494. Plomb 1.585t,945.

En conséquence les pertes s'élèvent à :

44k,943 d'argent ou 0,511 p. 100 du métal contenu
179t,073 de plomb ou 11,442 p. 100 —

Le nombre relatif à l'argent est probablement au-dessous de la vérité, parce que les essais en petit des plombs d'œuvre doivent avoir indiqué des teneurs en argent un peu trop faibles. S'il y a un écart pour le plomb, il doit être peu considérable assurément, puisque l'évaluation se fonde presque uniquement sur des pesées.

Les consommations et les dépenses sont les suivantes, rapportées à la tonne de plomb d'œuvre issu des fontes de minerais et de mattes.

Nous en présentons d'abord le détail pour les diverses opérations, puis la somme pour l'ensemble du traitement du plomb d'œuvre :

	francs.
Raffinage du plomb :	
Main d'œuvre. 0j,592	0,884
Combustible. 0t,099 houille	1,377
Soufflerie	0,045
Entretien des fours et outils	0,265
Total pour le raffinage	2,571
Pattinsonage :	
Main d'œuvre. 4j,885	7,898
Combustible. 0t,565 houille	7,323
Combustible. 0t,031 lignite	0,474
Combustible. 0t,063 escarbilles	0,627
Entretien des appareils et outils	2,244
Total pour le pattinsonage	18,566

Coupellation et raffinage de l'argent :

Main d'œuvre. $0^j,687$		1,650
Combustible.	$0^t,096$ bois	2,222
	$0^t,059$ houille	0,101
Soufflerie		0,132
Entretien des fours et outils		0,634
Total pour la coupellation.		4,739

Revivification des produits oxydés :

Main d'œuvre. $0^j,894$		1,587
Combustible.	$0^t,002$ houille	0,024
	$0^t,122$ coke	2,925
Soufflerie et bocards		0,179
Entretien des fours et outils		0,195
Total pour la revivification.		4,910

Enfin, groupant ensemble toutes ces opérations, nous trouvons que le traitement complet du plomb d'œuvre donne lieu aux frais spéciaux suivants par tonne de plomb :

		francs.
Main d'œuvre. $7^j,058$		12,019
Combustible.	$0^t,756$ houille	9,299
	$0^t,185$ coke	3,552
	$0^t,096$ bois	2,222
Soufflerie et bocards		0,356
Entretien des appareils et outils		3,338
Total des frais spéciaux pour 1 tonne de plomb d'œuvre		30,786

Remarques.—Si nous rapportons de même à la tonne de plomb d'œuvre la quantité de métal perdue dans l'ensemble des opérations précédentes, nous trouvons que, pour chaque tonne mise en œuvre, on a perdu :

Argent, 30 grammes. Plomb, 120 kilogrammes.

Si l'on applique aux deux métaux les prix moyens de vente moyenne de 1862, — à savoir : $222^f,50$ le kilogramme d'argent, et 435 francs la tonne de plomb, — on trouve que la valeur des pertes atteint : $6^f,67$ pour l'argent, $52^f,20$ pour le plomb ; — en tout, $58^f,87$.

Elle est donc de beaucoup supérieure à la dépense totale des opérations, et il y a par conséquent le plus grand intérêt à diminuer les pertes de métaux, dût-on même pour cela subir une augmentation des frais spéciaux.

Cela explique la série des principales transformations que le traitement du plomb d'œuvre a subies à Freiberg depuis le commencement de ce siècle, et que nous allons rappeler brièvement.

Lorsqu'une usine peut, par la coupellation pure et simple du plomb d'œuvre, produire des litharges pures, lorsqu'en outre elle a pour ces litharges des débouchés depuis longtemps établis, il y a en général pour elle grand avantage à procéder à cette coupellation directe, à l'exclusion du procédé d'enrichissement dont nous avons parlé dans ce chapitre. Cet avantage résulte d'une double cause : le rendement en argent est plus fort; les litharges pures se vendent ordinairement à un prix supérieur à celui du plomb. Telle est par exemple la situation des usines en Silésie (*).

Mais les usines de Freiberg ne sont point dans ce cas : la difficulté du placement de leurs litharges les met dans la nécessité de revivifier la plus grande partie de celles qu'elles peuvent produire. — Au commencement de ce siècle, le plomb d'œuvre y était à la vérité *soumis directement à la coupellation*, mais on ne parvenait à écouler avec profit dans le commerce que le cinquième des litharges produites; un autre cinquième était vendu à vil prix, comme litharges noires pour les potiers; tout le reste était réduit en plomb marchand, ou rentrait dans les fontes de minerai ou de mattes (**).

On saisit au premier coup d'œil les défauts de cette méthode, comparée à la méthode silésienne dont il était ques-

---

(*) Rivot. *Traitement des minerais métalliques*, t. II, p. 447 et suivantes.

(**) Héron de Villefosse. *Richesse minérale*, t. III, p. 378.

tion tout à l'heure; car, en même temps que les dépenses sont augmentées par l'introduction d'une fonte réductive, la perte de plomb s'accroît aussi, et la valeur marchande du produit devient moindre.

On réussit à apporter un premier perfectionnement à cette méthode par l'introduction pour les plombs pauvres du procédé de pattinsonage, introduction qui date de 1857 à l'usine de la Mulde, de 1859 à celle de Halsbrücke. En appliquant ce procédé aux plombs pauvres provenant de la revivification, on parvint à les appauvrir en argent et à les faire passer de la teneur de 15 grammes à la teneur de 1g,5.

Bientôt après on s'aperçut de l'avantage qu'il y avait à soumettre à la cristallisation le plomb d'œuvre lui-même, provenant des fontes de mattes et de minerais, et l'on fit entrer dans cette opération une quantité croissante de plomb d'œuvre, préalablement raffiné.

Les nombres cités dans cette notice montrent que l'on ne soumet plus aujourd'hui à la coupellation directe que 1/7 à 1/6 du plomb d'œuvre résultant des fontes de minerais et de mattes. On soustrait ainsi à la coupellation, et à la fonte réductive suivante, une très-grande partie du plomb, et l'on épargne par conséquent des pertes de métal fort importantes.

IV.

TRAVAIL DES MATTES DE CUIVRE.

Historique. — On se propose un double but dans le traitement des mattes de cuivre, l'extraction du cuivre et celle de l'argent. Cette dernière complique beaucoup les opérations; elle a motivé, depuis le commencement de ce siècle, plusieurs transformations radicales du mode de traitement.

Liquation. — A l'époque où Héron de Villefosse écrivait le traité de la *Richesse minérale*, l'extraction de l'argent se faisait par la méthode de *liquation*. Les mattes, à la te-

neur moyenne de 25 p. 100 de cuivre, subissaient une dernière fonte qui les transformait en cuivre noir, sur lequel se faisait la désargentation dans la petite usine de Grünthal. Le cuivre noir était calciné et cassé au marteau, puis fondu avec 3 1/2 à 4 parties de plomb; les pains de l'alliage ainsi obtenu étaient soumis à l'opération de la *liquation* proprement dite, et les résidus cuivreux à la *torréfaction*; enfin on achevait l'extraction des deux métaux par la coupellation du plomb d'œuvre produit, et par l'affinage du cuivre dans un four à réverbère.

Ce mode de traitement était défectueux à plusieurs égards : il était fort coûteux, car les frais s'élevaient à peu près à 300 francs par tonne de cuivre noir; en outre, le cuivre obtenu était de qualité inférieure; enfin on perdait, pour 100 parties de cuivre à extraire, environ 5 à 6 parties de cuivre, 40 à 48 parties de plomb et 23 p. 100 de l'argent contenu.

Méthode Augustin. — On fit un progrès considérable en substituant à la liquation le procédé de désargentation par voie humide, qui a gardé, de son inventeur, le nom de *méthode Augustin.* Cette méthode a été elle-même remplacée à son tour par une méthode nouvelle; mais comme le changement est récent, et comme il y a intérêt à pouvoir faire la comparaison des deux méthodes, je vais rappeler en quelques mots la série des opérations dont se composait la méthode Augustin, et indiquer ses résultats économiques, que j'ai pu, grâce à la bienveillante complaisance de M. le bergrath Ihle, extraire des livres de l'usine pour les années 1858, 1859 et 1860, les dernières où cette méthode ait été employée à Freiberg.

La matte, enrichie par grillages et fontes successifs jusqu'à une teneur de 45 p. 100 de cuivre environ, est réduite en poudre très-fine, puis grillée en deux fois, et avec le plus grandes précautions, au four à réverbère. On s'effor d'obtenir d'abord une sulfatisation complète par grillage

température assez basse, et ensuite la décomposition des sulfates de fer et de cuivre, avec conservation du sulfate d'argent. A la fin de cette seconde période, on ajoute dans le four un mélange de matte grillée et de sel marin; on râble aussitôt les matières, et l'opération se termine par la transformation en chlorures des sulfates qui ont jusqu'à ce moment résisté au feu, à savoir du sulfate d'argent en totalité et d'une très-petite portion du sulfate de cuivre, si l'opération a été bien conduite.

Les matières sont, après blutage, soumises à une digestion et à un lessivage avec de l'eau tenant en dissolution du sel marin. On obtient ainsi d'une part des résidus insolubles, principalement formés d'oxydes de fer et de cuivre, de l'autre des chlorures d'argent et de cuivre en dissolution dans l'eau salée, d'où l'on précipite d'abord l'argent par du cuivre de cément, puis le cuivre par de la ferraille. L'argent de cément est fondu et raffiné; les résidus cuivreux sont soumis à une fonte pour cuivre noir, et les scories qui en résultent appauvries par une nouvelle fonte avec des minerais pyriteux pauvres.

Il reste toujours un peu d'argent dans les résidus, soit à l'état d'oxyde, à cause de la difficulté d'un grillage bien ménagé, soit à l'état d'arséniate ou d'antimoniate, par suite du défaut de pureté des mattes. Le cuivre noir retient ordinairement au moins 60 grammes d'argent aux 100 kilogrammes.

La perte totale, dans le traitement, s'élève à 12 p. 100 environ de l'argent, et 4 p. 100 du cuivre contenus dans les mattes.

Les frais spéciaux des opérations atteignent les chiffres suivants pour une tonne de matte (j'attribuerai au combustible, dont la valeur s'est beaucoup abaissée depuis quelques années, les prix qui ont eu cours en 1862, afin de rendre plus facile la comparaison avec la méthode nouvelle de désargentation) :

		fr.	francs.
Grillage et lessivage	Main d'œuvre	[illegible]	[illegible]
	Houille, [illegible]	[illegible]	
	Sel marin, [illegible]		
	Fer, [illegible]	[illegible]	
	Acide chlorhydrique, [illegible]		
	Entretien des appareils	[illegible]	
Fonte des résidus désargentés	Main d'œuvre	[illegible]	[illegible]
	Houille, [illegible]	[illegible]	
	Entretien	[illegible]	
Raffinage de l'argent	Main d'œuvre	[illegible]	[illegible]
	Houille, [illegible]	[illegible]	
	Entretien	[illegible]	
	Total		[illegible]

Méthode nouvelle. — Extraction du cuivre par l'acide sulfurique. — La méthode Augustin a été abandonnée en 1860, et remplacée par une méthode de traitement nouvelle, qui consiste dans l'extraction du cuivre par l'acide sulfurique. Cette méthode avait été, vingt ans auparavant, proposée par le professeur Kersten, et les essais en avaient été faits sous l'inspiration de ses idées en 1840; ils avaient mal réussi, à cause de la trop grande proportion de plomb que renfermait la matte, et qui rendait incomplète l'attaque du cuivre. M. l'oberbergrath Reich apporta à l'idée première quelques modifications importantes, et détermina à faire une nouvelle tentative dont les résultats furent favorables : pendant les années 1859 et 1860 les essais se poursuivirent en grand, et tandis que la méthode Augustin continuait d'être en vigueur à l'usine de la Mulde, on installait et inaugurait à l'usine d'Halsbrücke le nouveau traitement. Depuis 1861 il reçoit la totalité des mattes cuivreuses des deux usines.

Nous allons maintenant décrire avec quelque détail la méthode nouvelle; mais dans l'évaluation des frais de l'opération, nous garderons les mêmes bases économiques qu'à l'usine de la Mulde, afin de rendre plus facilement comparables les diverses parties du traitement.

Exposé général. — La matte est d'abord concentrée par grillage partiel et fusion au réverbère; puis la matte de concentration, tenant environ 70 p. 100 de cuivre, est bocardée et ensuite grillée progressivement jusqu'au rouge vif, dans le but d'une décomposition complète des sulfates formés. La matière en poudre fine est alors mise en digestion avec une liqueur vitriolique, à la température de 70 ou 80 degrés; la dissolution est écoulée, clarifiée, enfin abandonnée au refroidissement lent et à l'évaporation. Le sulfate de cuivre cristallise; la liqueur mère, après concentration et cristallisation nouvelle, est employée à d'autres dissolutions. Les résidus du lavage, formés d'oxydes de fer, de cuivre et de plomb, et dans lesquels est resté l'argent métallique de la matte grillée, sont séchés, puis envoyés à la fonte plombeuse avec les minerais ordinaires.

Après ces quelques mots qui permettent de saisir l'ensemble de la méthode, nous pouvons entrer dans la description particulière des opérations dont elle se compose.

Concentration de la matte cuivreuse.

La matte cuivreuse, nommée *Spurstein*, contenant environ 350 grammes d'argent, 45 p. 100 de cuivre et de 10 à 12 p. 100 de plomb, est bocardée, puis grillée dans l'un des fours à double sole qui ont été décrits plus haut, enfin soumise dans un four à réverbère à une fonte de concentration. On ajoute pour celle-ci différentes matières, des minerais cuivreux à la fois riches et quartzeux, des fondants composés de sulfate de baryte et de spath fluor, enfin une certaine quantité de charbon. Le rôle de ces différentes substances se devine aisément : on se propose, par le quartz des minerais, de scorifier le fer du lit de fusion; la baryte et le spath fluor donnent aux scories plus de fluidité; le charbon est destiné à produire sur le sulfate de baryte une réduction partielle en sulfure; enfin, le sulfure formé

doit agir à son tour sur l'oxyde et le silicate de cuivre, et appauvrir ainsi les scories au profit de la matte. Le plomb est en grande partie volatilisé; le reste passe dans la matte, ou se sépare à l'état de plomb d'œuvre impur et riche.

La matte est le produit principal de l'opération; on s'efforce de l'obtenir pauvre en plomb et en fer, parce que la présence du premier métal gênerait dans l'attaque ultérieure par l'acide sulfurique, et que celle du second donnerait lieu à un vitriol de cuivre impur, auquel il serait difficile de faire acquérir assez de valeur pour le commerce. Une analyse communiquée par M. Reich indique, pour la matte, la composition suivante :

Cuivre	70,75
Plomb	5,35
Fer	1,55
Nickel	0,70
Arsenic, avec peu d'antimoine	1,35
Soufre	20,05
	99,75

Malgré l'influence sulfurante des fondants, il se forme presque toujours, à côté de la matte cuivreuse concentrée, une petite proportion de cuivre noir plombeux, qu'il importe d'en séparer, parce qu'il se comporterait mal dans le grillage ultérieur. Cette séparation est d'ailleurs assez facile à faire par blutage, après pulvérisation. Le cuivre noir, bien moins aigre que la matte, ne se laisse point réduire en poussière, mais s'aplatit sous les bocards, et reste ensuite sur les cribles. On le rend à une nouvelle fonte des mattes cuivreuses, pour le transformer en sulfure.

Les scories de la concentration sont acides et un peu cuivreuses ; elles sont cassées au marteau, puis les plus riches sont repassées à la même opération, tandis que les autres sont envoyées aux fontes des mattes plombeuses.

Résultats économiques.— On a obtenu les résultats suivants pendant une campagne de 13 jours 1/2, dont 9 jours 1/2 de

travail effectif et 4 consacrés aux réparations du four à réverbère :

67t,10 de matte cuivreuse (Spurstein) ont été grillées, puis fondues avec 10 tonnes de minerai cuivreux (contenant 3k,327 d'argent, 0t,734 de plomb et 3t,440 de cuivre), et en outre 15t,41 de spath fluor et baryte sulfatée, et 10t,80 de scories de concentration.

On a retiré de la fonte : 39t,27 de matte concentrée, 0t,180 de plomb d'œuvre riche (à 1.000 grammes d'argent), enfin 63t,81 de scories de concentration.

En outre, 1t,50 de cuivre noir plombeux a été passée dans l'opération, et une quantité égale s'est retrouvée dans les produits.

On a employé pour cette campagne : 200 journées d'ouvriers à 1f,50 et 190 journées à 1f,20; on a consommé 68t,40 de houille; enfin, le bocardage de la matte, coûtant 2f,75 par tonne, et s'appliquant à 39t,27, a été l'objet d'une dépense de 92f,80, et l'entretien des fours et outils d'une dépense de 116 francs.

Rapportés à la tonne de matte cuivreuse, les frais spéciaux sont donc les suivants :

		francs.
Main d'œuvre.	5j,8	7,868
Combustible.	1t,02 houille	15,746
Fondants.	0t,22 spath fluor et baryte.	2,205
Bocardage.		1,383
Entretien des fours et outils.		1,730
		28,932

Les analyses de produits que j'ai pu consulter ne sont pas suffisantes pour faire connaître la perte d'argent et de cuivre qui peut résulter de cette opération; mais cette perte doit être assez faible sans doute, et nous pourrons nous borner, sans erreur grave, à forcer un peu le chiffre des pertes de l'opération suivante.

Extraction du cuivre.

Grillage. — La matte concentrée (*Concentrations-Kupferstein*) est pulvérisée sous les bocards, puis tamisée; on en retire ainsi les fragments de cuivre noir qui doivent être rendus à la fonte de concentration, et l'on a une matte pure et en poudre fine pour le grillage.

Le four dont on se sert est un four double, semblable à ceux où se fait le grillage des minerais plombeux; mais on n'emploie au grillage de la matte que la sole inférieure, afin de pouvoir approprier le feu aux circonstances du grillage, et d'éviter ainsi toute agglomération de la matière; la sole supérieure est utilisée pour le grillage du minerai pyriteux.

Le feu doit être conduit avec les précautions les plus grandes, à cause de la facilité avec laquelle il se fait une fusion partielle de la matte riche; les petits noyaux qui se forment malgré les soins des grilleurs sont écrasés au moyen de râbles. Très-faible dans le commencement, le feu est augmenté progressivement pendant 10 à 12 heures; on termine par un grillage à mort, qui porte à 16 heures la durée totale de l'opération. Les frais sont assez élevés; car on ne donne à la fois que de faibles charges (500 kilogrammes environ), afin de rendre le grillage plus parfait. On consomme en 24 heures de 550 à 650 kilogrammes de houille de seconde qualité.

Il est fort important que le dernier coup de feu soit assez vif et assez prolongé, pour décomposer entièrement tous les sulfates; car le sulfate d'argent résiste plus longtemps que les autres, et s'il n'était complétement transformé en argent métallique, il pourrait y avoir perte par dissolution dans la liqueur vitriolique.

Pour la même raison, il faut avoir soin de ne point soumettre à l'action de cette liqueur des sulfures incomplétement transformés; car il y aurait attaque, dissolution de l'argent et pertes plus ou moins considérables; aussi a-t-on

soin de séparer sur un crible les grumeaux agglomérés du grillage, pour les bocarder et les griller de nouveau pendant 1 heure à 1 heure 1/4.

La matte bien grillée, d'un gris sombre, presque noir, est encore soumise avant le lessivage à un broyage entre des meules horizontales; elle arrive à un degré de ténuité extrême, très-favorable à une prompte attaque par la liqueur acide.

Dissolution. — L'atelier de dissolution se compose de deux rangées de cuves, situées de part et d'autre d'une plate-forme un peu plus basse; la différence de niveau est rachetée par deux gradins.

Les cuves de dissolution, au nombre de huit, sont en bois, doublées d'une épaisse feuille de plomb; elles ont une forme cylindrique et 1^m.20 de hauteur sur 0^m.80 de diamètre intérieur. Un tuyau de plomb de 0^m.035 de diamètre, descendant jusqu'au fond de chaque cuve, y amène la vapeur d'eau produite dans une chaudière voisine, et surchauffée par un petit foyer spécial.

La matte grillée et moulue est apportée à l'atelier dans de petites caisses de tôle exactement remplies, ce qui dispense d'en faire la pesée. Elle est versée dans les cuves vides, où l'on fait arriver aussitôt après, par un coulisseau, l'acide sulfurique étendu (*), et la dissolution vitriolique ou l'eau pure.

La charge d'une cuve se compose de 100 kilogrammes de matte, avec environ 200 kilogrammes d'acide sulfurique purifié, marquant 40 degrés à l'aréomètre de Beaumé; et de 200 litres d'eau pure ou de liqueur mère venant des derniers bassins de cristallisation. On emploie un peu plus ou

(*) L'acide sulfurique est fourni par l'usine de la Mulde; il a été complétement purifié de l'arsenic par précipitation par l'hydrogène sulfuré, et marque environ 40° à l'aréomètre de Beaumé. Il se paye d'après sa teneur en acide sulfurique à 66°, au taux de 7^f,70 les 100 kil. de cet acide normal.

un peu moins d'acide, selon que la liqueur tient elle-même une quantité plus petite ou plus grande d'acide sulfurique libre.

En ouvrant un robinet sur le tuyau de plomb, on donne passage à la vapeur, qui produit un mouvement tumultueux au fond de la cuve, met la matte en suspension, et échauffe la liqueur jusqu'à 70 ou 80 degrés. Dans ces conditions, et avec la proportion accoutumée des matières mises en œuvre, la dissolution exige cinq heures environ pour être complète. Au bout de ce temps, on laisse la liqueur reposer pendant une heure, puis on la fait écouler par un siphon de plomb; enfin on enlève les résidus. Le procédé que l'on emploie à cet effet est fort commode: on verse de l'eau dans les cuves jusqu'à une hauteur de $0^m,15$ environ, on produit une vive agitation par la vapeur, et on fait aussitôt écouler l'eau boueuse par un robinet placé au fond de la cuve; elle se rend dans un bassin spécial (*Rückstands-bassin*), où l'on vient plus tard reprendre les résidus déposés, pour les sécher et les envoyer à la fonte plombeuse.

La proportion de ces résidus atteint 1/10 à peu près du poids de la matte. L'argent et le plomb de la matte grillée doivent s'y retrouver en presque totalité; il y reste aussi un peu d'oxydes de cuivre et de fer; ces oxydes pourraient, même après calcination, se dissoudre en totalité dans la liqueur acide, mais avec difficulté et lenteur, et il y a économie à ne pas prolonger la digestion au delà du temps qui a été adopté.

Cristallisation. — La liqueur vitriolique, au sortir des cuves, est reçue dans une *caisse de clarification*, puis dans la série des *caisses de cristallisation*, où elle fait un assez long séjour; elle y descend par des coulisseaux de bois que l'on déplace à volonté. Ces caisses sont en bois et intérieurement garnies de feuilles de plomb soudées ensemble; elles ont $2^m,35$ de longueur et $1^m,20$ de largeur, sur une hauteur qui varie de $0^m,60$ à $0^m,86$ (dimensions inté-

rieures). Des traverses de bois de sapin sont posées en travers sur les bords des caisses, et portent un grand nombre de petites lames de plomb qui s'enfoncent de quelques centimètres dans la dissolution. C'est sur ces lames que commence la cristallisation du sulfate de cuivre; elle continue sur les cristaux formés, et donne lieu à des grappes de cristaux suspendus les uns aux autres.

On laisse la liqueur vitriolique brute (*Rohlauge*) reposer 7 ou 8 jours dans les bassins; elle y marque d'abord environ 44 degrés à l'aréomètre de Beaumé, et s'abaisse jusqu'à 24 ou 25 degrés, lorsque les cristaux se sont formés; on a donc deux sortes de produits qu'il faut suivre séparément, les cristaux de vitriol brut (*Rohvitriol*) A, et la liqueur mère (*Mutterlauge*) B.

Le vitriol brut (A) est redissous dans l'eau ou dans une liqueur vitriolique avec le secours d'un jet de vapeur d'eau, et la liqueur à 30 ou 32 degrés, qui en résulte, est cristallisée, après avoir déposé dans un bassin les particules étrangères insolubles qu'elle contenait. On distingue trois produits de cette cristallisation:

1° Des cristaux de vitriol pur (*guter Vitriol*), qui sont nettoyés par lavage sur un tamis pendant quelques secondes, puis égouttés sur des tables inclinées, et enfin étalés sur les planches des séchoirs. Le lavage donne un menu qui est encore pur, mais que le commerce n'accepte pas, et qu'il faut redissoudre avec le vitriol brut pour le faire cristalliser de nouveau.

2° De petits cristaux moins purs que les précédents, formés au fond de la dissolution et appelés vitriol du fond (*boden-vitriol*). Ils sont traités de nouveau avec le vitriol brut.

3° Une liqueur mère, qui retourne à la dissolution de vitriol brut.

La nouvelle liqueur obtenue est moins pure et plus faible que la première; cependant elle donne naissance aux trois

mêmes produits, vitriol pur qui est vendu, vitriol de fond qui est retraité, et liqueur mère. Celle-ci est employée de la même façon que la précédente, et on recommence ainsi jusqu'à ce que la liqueur soit devenue trop faible; elle est alors évaporée jusqu'à 32 degrés environ dans deux bassins de plomb, disposés au-dessus d'un foyer que l'on a rendu fumivore par l'emploi de deux chauffes (Pl. III, *fig.* 22) (*).

La dissolution concentrée et chaude est envoyée aux cristallisoirs; elle y donne encore du vitriol marchand, et une liqueur mère, qui est versée par portions sur le minerai pauvre grillé, et dont le contenu rentre par conséquent dans le traitement général par l'opération de la fonte des scories.

La liqueur mère (B), résultant de la première cristallisation, est employée avec de nouvel acide sulfurique à dissoudre la matte grillée; la liqueur donne par sa cristallisation du vitriol brut, qui se traite comme le premier ou même avec lui, et une liqueur mère qui revient encore à la dissolution de la matte. On continue trois ou quatre fois de la sorte, en faisant toujours resservir la liqueur mère à une dissolution nouvelle, puis on l'évapore jusqu'à 44 degrés et on la fait cristalliser; elle donne encore du vitriol brut et une liqueur mère chargée de fer, qui est versée sur les minerais grillés, comme celle qui provient du vitriol brut.

Il ne sera peut-être pas inutile, pour la clarté des explications précédentes, de figurer par un tableau la série des opérations, depuis la dissolution de la matte.

(*) Une seule des deux chauffes est chargée de charbon; l'air entrant par l'autre, dans une proportion que l'on détermine en réglant l'ouverture de la porte, se mêle aux gaz chauds, et achève la combustion; le courant se divise en deux parties qui rendent à deux rampants symétriques.

DISSOLUTION BRUTE

SOUMISE A LA CRISTALLISATION, DONNE :

- *Vitriol brut* (A) est dissous et cristallisé.
  - *Vitriol pur*, produit marchand.
  - *Vitriol de fond* dissous avec la liqueur (a_1) comme le vitriol brut.
  - *Liqueur mère* (a_1) sert à dissoudre le vitriol brut; donne par cristallisation :
    - *Vitriol pur*, produit marchand.
    - *Vitriol de fond* traité comme le précédent.
    - *Liqueur mère* (a_2) employée à de nouvelles dissolutions

      ---

      Devenue trop ferrugineuse, elle est évaporée et cristallisée.
      - *Vitriol pur*, produit marchand.
      - *Liqueur mère* (a_n) versée sur le minerai grillé pour la fonte des scories.
- *Liqueur mère* (B) sert une deuxième fois à la dissolution de la matte, puis est cristallisée.
  - *Vitriol brut* traité comme (A).
  - *Liqueur mère* (b_1) est employée trois fois à la dissolution de la matte; puis est évaporée et cristallisée.
    - *Vitriol brut* traité comme (A).
    - *Liqueur mère* traitée comme (a_n).

Observations. — Pendant les premiers temps qui suivirent la mise en pratique de cette méthode d'extraction, on poussait beaucoup plus loin la cristallisation des liqueurs, et, après avoir obtenu du vitriol de cuivre, on avait des vitriols mélangés de cuivre et de fer, que l'on cherchait à amener à des titres définis, tels que 3 p. 100 et 6 p. 100 de cuivre, pour les livrer au commerce. Lorsque la liqueur devenait trop pauvre en cuivre, on précipitait le métal restant par de la ferraille et on faisait cristalliser le sulfate de fer.

La manière actuelle de procéder ne donne au contraire, en dernière analyse, que du sulfate de cuivre pur pour le commerce, et une liqueur, ferrugineuse et un peu cuivreuse, qui rentre dans le traitement des minerais. On évite ainsi la production de vitriols mélangés, dont le placement était assez difficile; de plus on épargne le fer, dont une proportion considérable était nécessaire pour précipiter le cuivre, à cause de l'acidité de la liqueur (*).

Appareils. — Il n'y a pas lieu de décrire la disposition des ateliers de dissolution et de cristallisation; ils ont été installés dans le bâtiment où se faisait autrefois l'amalgamation des minerais, et leur principal mérite se trouve dans la manière dont on a tiré profit d'anciennes salles destinées à un autre usage.

Les appareils comprennent : 8 tonneaux de dissolution, 8 cuves de clarification, 52 bassins de cristallisation, 3 bassins plats pour l'évaporation, une caisse de dépôt pour les résidus, une sole de séchage, 6 grands séchoirs pour le vitriol, et enfin 19 cuves et bassins pour services divers.

A mesure que les liqueurs vitrioliques passent d'un appareil dans un autre, elles y prennent un niveau plus bas;

(*) On peut voir au Mansfeld, dans le traitement des mattes cuivreuses argentifères par le procédé Ziervogel, un cas de précipitation en liqueur vitriolique du cuivre par le fer; mais il faut observer que la liqueur est presque neutre, ce qui rend les conditions bien différentes de celles où l'on se trouve à Freiberg.

lors donc qu'on veut, après la série des cristallisations, les ramener au point de départ, il devient nécessaire de les relever. On a établi à cet effet un appareil à air comprimé que l'on manœuvre de la manière suivante : on fait rendre la dissolution dans un cylindre vertical doublé de plomb, puis on ferme par un robinet le tuyau d'arrivée, et on admet au-dessus de la dissolution l'air qui a été comprimé par une pompe à incendie ; le robinet de sortie étant alors ouvert, la liqueur est refoulée jusqu'au niveau des réservoirs, situés au-dessus des bassins d'évaporation et des cuves à dissolution. Il y a deux appareils élévateurs de cette espèce ; le jeu en est des plus simples, les réparations en sont fort rares.

Résultats économiques. — Une campagne de six mois en 1862 a donné lieu aux produits définitifs et aux frais spéciaux suivants :

On a soumis au grillage et à la dissolution : 103^{t},765 de matte de concentration à la teneur de 70 p. 100 de cuivre et 400 grammes d'argent, et en outre 0^{t},430 de crasses cuivreuses à 60 p. 100 de cuivre et 955 grammes d'argent.

On a employé 204^{t},830 d'acide sulfurique purifié contenant 116^{t},540 d'acide à 66 degrés et coûtant

			francs.
	. . . .		8.981,00

Les autres dépenses ont été les suivantes :

Main d'œuvre.	Grillage et broyage, 1.278 journées. . .		1.917,00
	Dissolution, cristallisation, évaporation et séchage. . . . . . Transports.	4.505^{j}. .	5.567,00
Combustible.	Houille p. grillage, 160 tonnes.		2.125,70
	— p. chauffage de chaudière, 326^{t},50		3.801,10
	— p. évaporation des liqueurs mères, 149^{t},30.		1.699,10
	— p. séchage des cristaux de vitriol, 25^{t},40.		370,20
	— p. séchage des résidus, 7^{t},8 . . .		112,70
	A reporter.		24.573,80

		francs.
	Report.	24.573,80
Entretien. . .	Bocards.	40,00
	Meules.	489,60
	Appareils de compression.	180,20
	Cuves, bassins, outils.	150,00
	Total des frais spéciaux. . . .	25.433,60

On a retiré 246^t,275 de sulfate de cuivre cristallisé, tenant 25.4 p. 100 de métal, et 22^t,810 de résidus, tenant aux 100 kilog. environ 30 kilog. de plomb, de 4 jusqu'à 18 kil. de cuivre, et de 1.300 jusqu'à 2.300 grammes d'argent.

Les essais faits au laboratoire de l'usine des différentes substances indique une perte totale de :

18^k,112 d'argent ou 4,34 p. 100 de la quantité contenue;
2^t,563 du cuivre ou 3,52 p. 100 —

La perte en plomb des deux opérations réunies, concentration et extraction, s'élève à 4 tonnes environ ou 50 p. 100 du métal.

Rapportés à la tonne de matte de concentration, les frais spéciaux sont représentés par les nombres suivants :

	francs.
Main d'œuvre. 55^j,7.	72,126
Combustible.. 6^t,447 houille.	78,172
Acide sulfurique. 1^t,974.	86,551
Meules et bocards.	5,104
Entretien des appareils élévateurs, bassins, etc.	3,180
	245,133

Résumé. — Pour rapporter à la tonne de matte cuivreuse enrichie (*Spurstein*), les frais du traitement tout entier qui constitue l'extraction du cuivre, nous observerons que la fonte de concentration s'applique à la totalité du *spurstein*, et les opérations suivantes à un poids de matte concentrée seulement égal aux 60/100 du poids du *spurstein*.

Les consommations et les dépenses, calculées d'après

cette proportion pour une tonne de *spurstein*, sont les suivantes :

		francs.
Main d'œuvre.	$39^j,22$..............	51,144
Combustible. .	$4^t,888$ houille........	62,649
Fondants....	$0^t,220$	54,136
Ac. sulfurique.	$1^t,164$	
Bocards et meules.	....	4,445
Entretien des appareils.	....	3,638
		176,012

Quant aux pertes de métaux, elles peuvent s'évaluer à :

5 p. 100 de l'argent ou environ 175 grammes par tonne de matte.
4 p. 100 du cuivre ou par tonne 18 kilogrammes.
enfin 50 p. 100 du plomb ou — 40 —

Observations. — Si nous voulons, à l'aide des données précédentes, comparer au point de vue de leurs résultats économiques les deux méthodes d'extraction par voie humide, nous devrons, aux frais spéciaux du traitement, ajouter dans chacun des cas la valeur des métaux perdus ; nous calculerons cette valeur d'après le taux auquel ils étaient reçus dans le commerce, $222^f,50$ le kilog. d'argent et 260 francs le quintal de cuivre.

Le procédé Augustin exige pour les frais spéciaux une somme de $166^f,044$ et donne lieu à une perte de 420 gram. d'argent et 18 kilog. de cuivre, quantités qui représentent respectivement une valeur de $93^f,45$ et de $46^f,80$.

La méthode de dissolution du cuivre par l'acide sulfurique donne lieu à $176^f,012$ de frais spéciaux et à des pertes de 175 grammes d'argent et 18 kilog. de cuivre, représentant au même taux $38^f,938$, et $46^f,80$.

La valeur des dépenses et des pertes réunies atteint donc :

Dans le premier cas...............	$306^f,294$
Dans le second....................	$261^f,750$
La différence est en faveur de la seconde méthode, par tonne de matte, de........	$44^f,544$

Je me hâte d'ajouter que les nombres précédents ne donnent pas une idée complète et exacte de la valeur relative des deux méthodes au point de vue même de leurs résultats économiques, parce qu'on n'arrive pas aux mêmes sortes de produits : la méthode Augustin ne fournit que des produits marchands ; la nouvelle méthode au contraire fournit des résidus plombeux, cuivreux et argentifères, qui rentrent dans le traitement et doivent par conséquent occasionner dans la suite de nouveaux frais et de nouvelles pertes, — mais en réalité bien peu considérables les uns et les autres. J'ajoute que la perte en plomb, dont il n'a pas été tenu compte, est moindre dans la nouvelle méthode, puisqu'une partie du plomb contenu dans la matte est recueillie à l'état soit de plomb d'œuvre, soit de résidus destinés à la fonte des minerais, tandis que, par la méthode Augustin, la presque totalité du plomb était perdue dans la fonte des résidus pour cuivre noir.

Il me reste un mot à dire sur les conditions commerciales, qui ont ici une grande importance. Le cuivre n'a pas une égale valeur pour la vente dans le cuivre noir et dans le sulfate cristallisé ; en 1862, par exemple, le quintal de cuivre se comptait à 231f,75 dans le cuivre noir, et à 270 francs dans les cristaux de vitriol. D'après cela, si de 1 tonne de matte on extrait environ 430 kilog. de cuivre, par l'une et l'autre méthode, ainsi que nous venons de le voir, ils auront une valeur de 996f,50 à l'état de cuivre noir, et de 1.161 fr. à l'état de sulfate, soit 164f,50 de plus dans ce dernier cas. Mais il est juste de remarquer que cette différence considérable du prix de vente dépend de circonstances locales et peut-être un peu accidentelles, et que l'avantage que l'on trouve à Freiberg au point de vue commercial dans la production du sulfate de cuivre, pourrait disparaître complétement dans telles autres circonstances, où l'on aurait pour ce produit des débouchés plus difficiles.

CONDENSATION DES FUMÉES.

Les perfectionnements récents, qui viennent d'être signalés pour le travail du plomb et celui des mattes, prouvent que les ingénieurs de Freiberg s'efforcent de diminuer les pertes de métaux, au détriment même de l'économie des frais spéciaux, et comme ayant sur le prix de revient définitif une influence prédominante. La même idée devait les conduire à étudier avec soin le problème de la condensation des fumées, dont tout le monde aujourd'hui s'accorde à reconnaître l'importance pour les usines à plomb. Ils y étaient d'ailleurs également poussés par un motif d'une autre nature; car les fumées dégagées de l'usine nuisaient beaucoup, et à la végétation des plateaux environnants, et à la santé des troupeaux qui y séjournaient. A mesure que les usines s'agrandissaient, les plaintes des propriétaires du voisinage devenaient plus nombreuses, et les sommes à payer, comme indemnités, plus fortes.

Les dégâts causés par les fumées furent donc l'occasion d'études suivies pour la condensation; malheureusement, après des tentatives multipliées et fort coûteuses, on n'est pas encore arrivé à une solution bien satisfaisante. Nous nous bornerons ici à indiquer en quelques mots la nature des essais, et la solution qui est aujourd'hui adoptée, au moins à titre provisoire (*).

Lorsque l'on eut constaté que l'influence funeste des fumées tenait moins aux matières plombeuses et arsenicales qu'à l'acide sulfureux qu'elles contenaient, et qui plus tard se transformait en acide sulfurique, on commença par examiner quelle était la quantité d'acide dégagée dans les di-

(*) M. Reich a donné l'historique de la question dans une petite brochure publiée en 1858, et reproduite dans le journal *Berg-und hüttenmännische Zeitung* de cette même année.

Le résumé succinct que je présente ici est emprunté à cet article fort intéressant.

verses opérations et aux différentes phases de chacune d'elles. Pour ne citer qu'un seul exemple, on trouva qu'un four de grillage anglais produisait en moyenne par heure la combustion de 25 kilog. de soufre ou le dégagement de 50 kilog. d'acide sulfureux.

Cette seule donnée détourna de la pensée d'absorber l'acide par l'eau de chaux, car il aurait fallu, *par four et par heure*, 44 kilog. de chaux ou 350 litres d'eau de chaux, condition irréalisable.

On essaya, mais sans en obtenir les résultats attendus, de transformer en acide sulfurique l'acide sulfureux dégagé des tas ou des stalles de grillage, par le contact des gaz encore très-chauds avec des fragments anguleux de quartz, et de condenser l'acide formé en lui faisant traverser une mince lame d'eau (Plattner).

Puis on essaya de réduire l'acide dégagé des fours de grillage en le faisant passer à travers une colonne de charbons incandescents, et de condenser ensuite le soufre produit (Plattner).

On ne réussit pas mieux dans un essai de condensation par la chaux portée au rouge dans un four à cuve (Richter et Reich). Bien que l'on eût soin d'y employer le calcaire en gros morceaux, le tirage était tellement affaibli que les gaz sortaient par les portes des fours; le travail y devenait impossible.

On fit encore une tentative pour décomposer l'acide sulfureux au moyen de l'hydrogène sulfuré, préparé en grand par la distillation de soufre ou de pyrites sur de la houille. Mais ce gaz était trop mélangé d'acide carbonique pour avoir une action efficace, et le soufre pulvérulent résultant de l'action chimique était si fin, qu'on ne pouvait pas le faire déposer et le rassembler.

Sur le conseil du directeur général des mines et usines, M. de Beust, on chercha si le sulfure de baryum ne pouvait pas être utilement substitué à l'hydrogène sulfuré pour pro-

duire la même décomposition. On pensa d'abord à se servir de cette substance à l'état de morceaux ; mais elle se couvrait vite de cristallisations, qui empêchaient l'action de se continuer. Le résultat fut meilleur en l'employant à l'état de dissolution, que l'on faisait couler en filets sur des fagots disposés dans une cheminée, où se faisait une puissante aspiration des gaz. — L'acide sulfureux était assez complétement détruit de cette façon ; mais, pour la saturation exacte des 1.200 kilog. d'acide sulfureux produits en vingt-quatre heures dans un seul four, il aurait fallu employer 2.950 kilog. de baryte sulfatée, ou 2.100 kilog. de sulfure de baryum ; ou enfin 11.950 litres d'eau, et sans doute, pour atteindre le même but dans la pratique, au moins 4.500 kilog. de baryte sulfatée et 30.000 litres d'eau. Ajoutons que le soufre, obtenu par la distillation du produit recueilli, était arsenical, peu capable par conséquent de couvrir les frais nécessités par l'installation des appareils ; aussi n'a-t-on pas osé entreprendre une pareille installation.

Des chambres de plomb furent construites, dans l'espoir d'y pouvoir fabriquer de l'acide sulfurique, en transformant, au moyen des vapeurs nitreuses, l'acide sulfureux du grillage ; mais elles ne purent point servir pratiquement à cet usage, parce que l'acide était trop dilué au milieu des gaz étrangers.

Il fallut les alimenter par le grillage des minerais les plus pyriteux dans des fours spéciaux, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Quant aux produits du grillage ordinaire, on n'a encore trouvé d'autre moyen, soit de les utiliser, soit de les rendre inoffensifs, que de les faire passer dans de longs canaux ou chambres de condensation, et de diriger les gaz dépouillés des parties facilement condensables dans de grandes cheminées ; ces cheminées produisent un tirage suffisant dans les appareils de grillage, et déversent l'acide sulfureux dans des couches de l'air assez élevées pour qu'il

ne puisse arriver au contact de la végétation que très-dilué, et par cela même presque hors d'état de lui nuire.

Tel est donc l'état actuel du problème de la condensation à l'usine de la Mulde. Quant aux appareils, ils ne sont pas encore au complet, et il est impossible d'assigner à présent les résultats qu'ils pourront donner après leur achèvement, surtout au point de vue de la diminution des pertes en métaux.

Les fours de raffinage et de coupellation ont une cheminée et des canaux spéciaux. Les stalles et les fours de grillage communiquent, par les galeries dont nous avons parlé, et ensuite par un long canal souterrain, avec un grand bâtiment spécialement destiné à la condensation de leurs produits.

Quant aux fours de fusion, soit à cuve, soit à réverbère, on a jusqu'ici laissé perdre leurs fumées dans l'air; mais ils seront bientôt mis en relation avec un second bâtiment, semblable au premier, et dont la construction est déjà fort avancée.

Ces deux bâtiments, placés sur la partie la plus haute du territoire occupé par l'usine, communiquent directement avec une très-haute cheminée. Chacun d'eux reçoit les gaz par un canal souterrain de 1m,50 de large et de 2m,50 de haut, et se compose de six galeries juxtaposées, larges de 1m,10, hautes de 4 mètres et présentant à peu près 75 mètres de longueur. Les galeries sont séparées les unes des autres par des cloisons en briques, et recouvertes au moyen de plaques de tôle, continuellement refroidies par le contact de l'air et par le rayonnement. Les poussières entraînées et les fumées arsenicales se déposent assez bien dans ces longs canaux; et déjà pendant le premier semestre de 1863, on a recueilli plus de 72 tonnes de fumées arsenicales, à la teneur de 8 grammes d'argent, 5,5 p. 100 de plomb, et donnant par distillation la moitié environ de leur poids d'acide arsénieux brut.

A l'usine de Halsbrücke l'installation des appareils de condensation n'est pas aussi grandiose. Les fumées des fours de grillage sont reçues dans un canal souterrain, puis s'élèvent dans une galerie inclinée, exposée à l'air, et recouverte par des plaques de fonte, et se rendent enfin à la cheminée de tirage. La galerie a pour dimensions $1^m,42$ en largeur et $2^m,30$ en hauteur; près de la cheminée, elle se divise en quatre parties et s'élargit alors jusqu'à $5^m,70$.

A tort ou à raison, les ingénieurs de Freiberg n'ont pas voulu adopter le système de refroidissement des fumées par une pluie d'eau; invoquant à cet égard les expériences faites dans quelques usines du pays de Galles, ils prétendent qu'une pareille disposition ne permettrait pas d'obtenir un tirage suffisant et troublerait la marche des fours.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Nous terminerons ce travail par l'exposé général des principaux résultats économiques obtenus dans le traitement des minerais à Freiberg, en les rapportant à la tonne de minerai mis en œuvre.

Ces résultats se déduisent de ceux de la campagne semestrielle de 1862, que nous avons constamment cités dans les chapitres qui précèdent; toutefois nous devrons avoir soin d'écarter les irrégularités qui proviennent, soit de l'introduction dans tel ou tel travail de matières nouvelles, tirées des magasins, soit de la mise en réserve de certains produits pour une campagne ultérieure. A cet égard nous nous en référerons à ce que nous avons dit dans la note de la page 74 relativement aux proportions des différents produits intermédiaires, auxquels donne lieu le traitement d'une même quantité de minerai, et c'est d'après ces proportions que nous pourrons calculer les frais spéciaux et les pertes que comporte le traitement d'une tonne de minerai.

Le premier groupe d'opérations, fonte plombeuse et fonte des scories, reçoit la majeure partie, mais non pas la tota-

lité des minerais; on en réserve quelques portions pour d'autres opérations auxquelles leur nature convient mieux, par exemple les minerais cuivreux pour le traitement des mattes, les minerais d'argent les plus riches pour la coupellation. Aussi n'entre-t-il, sur 1.000 kilog. de minerai traité, que 958k,40 dans les deux premières opérations, à savoir : 435k,34 dans la fonte plombeuse et 523k,06 dans la fonte des scories. Les 1.000 kilog. se complètent de 38k,38 de minerai envoyés au travail des mattes plombeuses, 1k,86 à celui du plomb d'œuvre, et 1k,84 à celui des mattes de cuivre.

Les principaux produits intermédiaires, servant de bases aux divers groupes d'opérations, sont les suivants : 28k,657 de matte plombeuse; 203k,065 de plomb d'œuvre; enfin 9k,005 de matte cuivreuse destinée à subir la concentration et l'extraction du cuivre. Je néglige à dessein de très-petites quantités de speiss, et de débris de coupelles, employées à l'extraction de nickel, de cobalt et de bismuth.

Les produits définitifs sont :

860g,023 d'argent raffiné au titre de $\frac{997,2}{1000}$;
119k,400 de plomb tendre;
1k,784 de plomb dur;
8k,065 de litharge rouge;
et enfin 12k,816 de sulfate de cuivre en cristaux.

D'après les essais qui ont servi à déterminer le prix d'achat du minerai, la tonne contenait en moyenne :

885g,790 d'argent;
161k,567 de plomb;
2k,294 de cuivre.

Les pertes qui se déduisent de ces nombres, ou, en d'autres termes, les pertes constatées dans le traitement, se sont élevées à :

9g,843 d'argent ou 1,11 p. 100 de la quantité contenue;
31k,133 de plomb ou 19,27 p. 100 —

On a eu un excès de rendement sur le cuivre de $2^k,280$, c'est-à-dire à peu près égal à la quantité même de métal qui avait été payée aux mines.

Je prends cette dernière occasion de rappeler que les pertes dont il est question sont seulement les pertes *apparentes*. Les pertes *réelles* sont inconnues, et assurément beaucoup plus grandes ; mais, grâce au mode d'achat du minerai, l'excès qu'elles présentent sur les pertes apparentes est laissé à la charge des mines, puisque le prix d'achat ne tient compte ni des pertes à l'essai, ni même, en sus de ces pertes, des quantités de métaux qui ne dépassent pas un certain minimum de teneur.

L'écart entre les pertes réelles et les pertes apparentes atteint, je le répète, un chiffre probablement considérable, et l'évaluation que j'ai pu présenter des dernières ne permet nullement de juger la perfection technique du traitement.

Le tableau suivant offrira le résumé des consommations et des dépenses relatives à la tonne de minerai, avec les proportions de minerais et de matières principales entrant dans chaque opération :

Tableau des consommations et des dépenses pour une tonne de minerai.

OPÉRATIONS.	POIDS du minerai ajouté.	POIDS de la principale matière mise en œuvre.	MAIN-D'ŒUVRE. Journées.	MAIN-D'ŒUVRE. Dépenses.	COMBUSTIBLE. Houille. Poids en tonnes	Houille. Dépenses.	Coke. Poids.	Coke. Dépenses.	Bois. Poids.	Bois. Dépenses.	FONDANTS. Poids.	FONDANTS. Dépenses.	Soufflerie et borards. Dépenses.	Entretien des appareils. Dépenses.	Somme des dépenses.
	kil.	kil.	journ.	fr.	tonnes	fr.	tonnes.	fr.	tonnes.	fr.	tonnes.	fr.	fr.	fr.	fr.
Travail des minerais.															
Grillage des minerais.	.....	Minerai :													
Fonte plombeuse.	435,34	958,460	4,988	7,840	0,710	10,000	0,219	4,911	0,013	0,126	0,002	0,034	0,385	2,165	25,461
Fonte des scories.	523,06														
Grillage de la matte crue.	.....														
Travail des mattes plombeuses.		Matte plombeuse :													
Grillage.	.....														
Fontes des mattes au four à cuve.	7,42	28,657	0,262	0,431	0,054	0,724	0,023	0,478	0,0002	0,0045	0,0013	0,020	0,0535	0,158	1,869
Fonte des scories au réverbère.	30,96														
Travail du plomb d'œuvre.															
Raffinage du plomb.	.....	Plomb d'œuvre :													
Pattinsonage.	.....														
Coupellation.	0,03	203,065	1,433	2,441	0,1535	1,888	0,038	0,722	0,0195	0,451	»	»	0,072	0,678	6,252
Raffinage de l'argent.	.....														
Revivification.	1,83														
Travail des mattes de cuivre.															
Grillage et concentration.	1,34	Matte de cuivre :									Fondants : 0,002				
Grillage de la matte concentrée.	0,02	9,005	0,343	0,461	0,044	0,564	»	»	»	»	Acide sulfurique : 0,0105	0,487	0,040	0,033	1,585
Dissolution et cristallisation du sulfate de cuivre.	.....														
Totaux.	1.000,00	»	7,026	11,173	0,9615	13,176	0,280	6,111	0,0327	0,5815	0,0158	0,541	0,5505	3,034	35,162

Les *frais spéciaux* du traitement s'élèvent donc, comme on le voit à la fin du tableau, au total de 35f,167 par tonne de minerai.

Nous ferons entrer dans les *frais généraux* les dépenses pour l'entretien des bâtiments de l'usine, conduites d'eau, voies ferrées, matériel de transport, etc., enfin les frais de roulement et les frais d'administration.

Les dépenses d'entretien général peuvent être évaluées aux chiffres suivants :

	francs.	
	0,437	pour les bâtiments ;
	0,086	— conduites d'eau ;
	0,606	— chemins et agrès ;
En tout	1,129	pour les constructions et le matériel de roulage.

Il convient de rapporter au même chapitre les frais de triage et de lavage des cendres des fours, opérations qui fournissent un nouveau combustible, des escarbilles de coke ; il convient aussi de compter la valeur de ce produit en déduction des frais spéciaux de l'usine. Les ouvriers reçoivent 3f,50 par tonne d'escarbilles lavées ; et lorsque ce combustible rentre dans le traitement, comme nous en avons vu plusieurs exemples, il est estimé à 10 francs la tonne. Dans la campagne de 1862, on a obtenu, par tonne de minerai traité, 0t,056 d'escarbilles dont la valeur est de 0f,560 ; les frais de lavage ont été de 0f,196. C'est donc un bénéfice de 0f,364 par tonne de minerai (*).

J'omets à dessein de parler des frais de nettoyage des canaux et galeries de condensation, de même que j'ai négligé,

---

(*) Les diverses opérations ont fourni les quantités suivantes d'escarbilles lavées :

	tonnes.
Travail des minerais	447,6
Travail des mattes plombeuses	31,4
Travail du plomb d'œuvre	81,0
Travail des mattes en cuivre	8,0
Total	568,0

dans l'évaluation des pertes, de tenir compte des métaux recueillis avec les fumées, parce que jusqu'ici la condensation des fumées est organisée d'une manière incomplète, qu'on ne sait point encore quels pourront être les résultats des installations nouvellement faites à l'usine.

Les frais d'administration s'élèvent à 1f,625;

Les frais de roulement à 3f,969.

Les frais généraux, pris ensemble et déduction faite de l'appoint que donne le lavage des escarbilles, atteignent donc le chiffre de 6f,359.

Le *total des frais*, à l'usine, s'élève par conséquent à la somme de 41f,526 par tonne de minerai.

Quant aux *dépenses pour l'achat du minerai*, nous avons dit, au commencement de ce travail, qu'elles s'établissaient d'après la quantité de chacun des métaux contenus, et suivant un tarif officiel; c'est l'administration royale de Saxe qui détermine les règles de l'achat entre les usines, qui sont propriété de l'État, et les mines, qui appartiennent pour la plupart à des particuliers.

Le prix moyen de la tonne de minerai traité, dans la campagne à laquelle se rapportent toutes nos données économiques, atteignait le chiffre de 173f,380, égal à plus de quatre fois celui des frais du traitement.

L'ensemble des dépenses de toute nature relatives à la tonne de minerai s'élève donc au total de 214f,906.

La vente des produits marchands, aux prix qui ont eu cours à Freiberg en 1862, donne les résultats suivants :

	francs.	francs.
Argent.	191,355	(222,50 le kilogramme).
Plomb et litharge. . . .	56,223	(43,50 le quintal).
Sulfate de cuivre. . . .	8,604	(68,70 le quintal).
Total.	256,182	

L'excès de ce nombre sur le total des dépenses afférentes à la tonne de minerai serait le bénéfice de l'usine (41f,276);

mais en vertu de la règle qui impose de rendre aux mines, à titre de prime, la moitié de la différence entre le prix de vente *réel* du plomb et du cuivre, et le prix de vente dit *normal*, qui a servi à fixer le prix d'achat des minerais (voir p. 13), une somme de 4f,890 a dû être prélevée pour les mines sur chaque tonne de minerai.

Il serait donc resté, en définitive, de l'ensemble du traitement, une somme de 36f,386, qu'il faudrait appliquer à 27.000 tonnes de minerai, pour avoir le produit net des usines pendant l'année entière. Mais la moitié seulement de ce produit revient, en réalité, à la régie; l'autre moitié doit être, conformément à l'ordonnance de 1861, répartie entre les mines, que l'on fait ainsi libéralement profiter des progrès de la métallurgie et de l'amélioration des conditions économiques des usines royales.

Il ne faut point attacher au chiffre que nous venons de trouver, pour le bénéfice net du traitement, plus d'importance qu'il ne mérite. D'une part, en effet, la campagne de 1862, pour laquelle il a été calculé, appartient, comme nous l'avons déjà dit, à une période transitoire, où la valeur des matières premières n'était pas encore bien établie; de l'autre, pour la campagne même, ce chiffre ne serait qu'approximatif, car nous avons à dessein négligé divers éléments qui influent plus ou moins sur le prix de revient.

D'ailleurs notre but, dans cette notice, n'était nullement de parvenir à une évaluation rigoureuse du revenu effectif des usines, mais seulement de faire connaître avec quelque détail les méthodes usitées à Freiberg pour le traitement métallurgique des minerais et les consommations qu'elles nécessitent.

En nous renfermant dans ce programme, et comme appréciation finale, nous pouvons dire de ce traitement que, conduit avec une remarquable sagesse, il se trouve aujourd'hui très-bien en harmonie avec la situation économique des usines. A moins d'une transformation plus ou

moins radicale, on ne doit point attendre pour l'avenir de réductions bien considérables sur les consommations ni sur la main-d'œuvre. Il n'en est pas de même pour les pertes de métaux; celles-ci offrent encore un assez vaste champ aux recherches; mais l'exemple des récentes améliorations, et les études persévérantes des ingénieurs de Freiberg, donnent lieu d'espérer que, sous ce rapport aussi, les méthodes de traitement deviendront bientôt plus irréprochables.

NOTICE

SUR L'AGGLOMÉRATION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Par M. L. GRUNER, ingénieur en chef des mines.

Historique. — Les avantages de l'agglomération des combustibles menus sont trop évidents pour qu'il soit nécessaire de les signaler : ils sont tels que l'on aurait droit de s'étonner qu'on n'ait pas songé plus tôt à réaliser cette agglutination, si l'on ne savait que le prix du charbon en morceaux était jadis trop faible pour couvrir les frais de l'agglomération. A la vérité, on moule depuis assez longtemps la tourbe friable ou terreuse, exploitée à la drague ; mais la fabrication des agglomérés proprement dits est une industrie toute moderne.

Les briquettes se préparent par simple compression, ou par voie d'*agglomération* à l'aide d'un ciment. La simple compression réussit dans le cas de menus farineux, plus ou moins glaiseux, tels que les tourbes et les lignites terreux. Mais le ciment est nécessaire dès que l'on veut agglomérer les lignites durs, les houilles et les anthracites ; ou, du moins, pour que l'on puisse alors se passer de ciment, il faut que le charbon soit gras et chauffé jusqu'à ramollissement partiel.

Malheureusement le ciment, quel qu'il soit, augmente les frais ou détériore le produit, tandis que la simple compression offrirait, à divers points de vue, des avantages tels que, si l'on parvenait à réaliser ce mode de fabrication, on devrait le préférer à tous les autres. Il ne faut donc pas s'étonner si plusieurs inventeurs ont dirigé leurs efforts de ce côté-là. Nous verrons en particulier que M. Be

et la compagnie de Roche-la-Molière, en France, MM. Bessemer et Rees, en Angleterre, ont pris des brevets pour ce mode d'agglomération. Mais nous devons ajouter que, jusqu'à présent du moins, malgré ses avantages réels, il n'a pas été sanctionné par la pratique. La température élevée à laquelle il faut opérer, même dans le cas de charbons collants, accroît outre mesure les frais de fabrication. Jusqu'à présent donc, les procédés variés, auxquels on a recours pour agglomérer la houille, sont tous basés sur l'emploi des *ciments*. Le plus économique est la *terre glaise*; les plus usités, le *goudron* de houille et ses dérivés immédiats, le *brai gras* et le *brai sec*. Mais, dans ce domaine, l'imagination des inventeurs s'est donné libre carrière.

En parcourant la liste des brevets, pris en France pour cet objet, on rencontre les substances les plus bizarres, et parfois les matières les moins économiques, telles que la farine avariée, les lichens, le sang de bœuf, les huiles animales ou végétales, le marc des féculeries, la résine végétale, la gomme arabique, la glu marine, les pommes de terre, etc.; puis, parmi les substances minérales, le sel ammoniac, la couperose, l'alun, etc.! Inutile d'ajouter que de toutes ces matières singulières et d'un prix relativement élevé, aucune n'a reçu la sanction de la pratique.

La terre glaise est le ciment dont on s'est servi en premier lieu. Dès la fin du siècle dernier, on faisait, en Belgique, des briquettes par ce moyen. Dans un article sur le bassin houiller d'Eschweiler (*Journal des mines*, t. XXXVI, p. 121), M. Clère, ingénieur des mines, parle du moulage des briquettes de houille, au moyen de terre glaise ordinaire, comme d'une opération depuis longtemps pratiquée aux environs de Liége, et il ajoute que ces briquettes y ont reçu le nom de *hochets*.

En 1810, un sieur Quest, serrurier à Paris, obtint, en France, un brevet d'invention de cinq ans pour un *nouveau* procédé de fabrication de briquettes, au moyen de

charbon de terre et d'argile (*Journal des mines*, t. XXX, p. 447), preuve que ce mode d'agglomération était déjà connu avant cette époque. Vers 1812, de la Chabeaussière conseille également l'agglomération de la houille à l'aide de terre grasse (*Bulletin de la Société d'encouragement*, t. II, p. 241).

Mais la terre glaise est un mauvais ciment pour la houille ; elle ne donne aux briquettes qu'une faible ténacité et augmente la teneur en cendres ; aussi, dans le nord de la France et dans les Alpes, où ce procédé est encore usité, on se contente de préparer ainsi, d'une façon très-primitive, de simples *boules* pour le chauffage domestique. On pétrit le charbon maigre, ou l'anthracite, avec un peu de terre glaise délayée dans l'eau, on moule la pâte à la façon des briques ordinaires et on les sèche à l'air. Pourtant aux mines de Ham-sur-Sambre on prépare aussi, depuis peu d'années, de pareilles briquettes par un procédé mécanique, et, pour leur donner plus de consistance, on les sèche ensuite à haute température dans un four ou une étuve à air chaud (*). Mais il est bien évident qu'une fabrication de ce genre est trop coûteuse pour un combustible dont la teneur en cendres doit être pour le moins de 15 à 20 p. 100, puisque l'argile ajoutée s'élève au dixième du poids de la houille.

Le *goudron* de houille est le second ciment, par rang d'âge, dont on se soit servi pour l'agglomération du charbon. Ce sont deux ingénieurs de Saint-Étienne, MM. Ferrand et Marsais, qui, les premiers, au moins en France, ont essayé de préparer des briquettes au goudron de houille. Leurs

(*) La machine employée à Ham-sur-Sambre a été imaginée par M. David, ingénieur-constructeur à Paris. Elle a été brevetée en 1859 et se trouve décrite au tome XIII, page 406, du *Recueil des machines et outils* de M. Armengaud aîné, ainsi que dans le mémoire de M. Franquoy, *Annales des travaux publics en Belgique*, tome XIX, page 204.

premières tentatives remontent à 1832, et leur brevet porte la date du 30 janvier 1833. Mais bientôt l'un d'eux, M. Marsais, donna la préférence au *brai gras*, et dès 1842, cet habile ingénieur fabriqua d'une façon courante des agglomérés de houille, d'abord pendant trois ans, à Bérard, près de Saint-Étienne, puis à Givors, où la Société des houillères de Saint-Étienne fait encore aujourd'hui marcher l'usine établie il y a vingt-deux ans par M. Marsais.

Depuis cette époque, et surtout depuis 1850, la fabrication des agglomérés s'est rapidement développée tant en Angleterre que sur le continent. Aujourd'hui ce combustible est recherché en France par la marine et les compagnies de chemins de fer. On apprécie la facilité de son arrimage, le faible déchet qu'il éprouve au transport, et la proportion peu élevée de ses cendres, lorsqu'il a été préparé avec du menu bien lavé. Les méthodes de fabrication sont très-variées ; plus de cent brevets ont été pris en France, depuis vingt-cinq ans, en vue de cette fabrication. Mais, en définitive, dans tous les brevets sérieux, basés sur l'emploi d'un ciment étranger, la préparation des briquettes repose exclusivement sur les propriétés agglutinantes du goudron de houille ou de ses dérivés. Au goudron brut a d'abord succédé, comme on vient de le voir, le *brai gras*, sorte de goudron imparfaitement cuit. Et maintenant, depuis dix ans, on emploie, dans bon nombre d'usines, le *brai sec*, c'est-à-dire le brai complétement cuit. Ce dernier mode de fabrication a pris naissance en Angleterre et paraît avoir été appliqué pour la première fois, vers 1842 ou 1843, par M. Wylam. Le brai sec est pulvérisé à froid, puis, en cet état, intimement mêlé à la houille menue. Wylam chauffait ensuite le mélange jusqu'au ramollissement, dans une cornue en fonte, et moulait la pâte chaude à l'aide d'une machine. Mais ce moyen de chauffage est coûteux et peu pratique. En 1848, H. Dobrée lui substitua, en Angleterre, l'emploi de la vapeur à haute pression, et depuis lors toutes

les fabriques qui agglomèrent au brai sec se servent de ce mode de ramollissement ; aussi les méthodes suivies dans ces diverses fabriques ne diffèrent-elles en général, les unes des autres, que par la disposition des mélangeurs et des appareils de compression.

Les fabriques d'agglomérés, non compris les usines à charbon de Paris, sont aujourd'hui, en France, au nombre de dix-huit à vingt; mais quelques-unes renferment deux ou plusieurs machines, comme celles de la Chazötte, de la Grand'Combe, de Blanzy, etc., en sorte qu'on peut évaluer à vingt-cinq ou trente le nombre total des machines en activité, et ce nombre va croissant d'année en année(*). La production annuelle des fabriques d'agglomérés en France atteint déjà le chiffre de 500.000 tonnes, et dépassera bientôt celui de 600.000 tonnes. Les deux plus importantes fabriques d'agglomérés en France, celle de la Chazotte et celle de la Grand'Combe, produisent chacune environ 100.000 tonnes par an, et la dernière est en voie de s'agrandir encore. La Belgique et l'Angleterre fournissent en outre aux chemins de fer français au delà de 100.000 tonnes (**).

En Belgique, les fabriques d'agglomérés sont surtout groupées autour de Charleroi, qui produit spécialement des charbons maigres. Cinq établissements ont été créés auprès de cette ville, dans la période de 1850 à 1860. Actuellement le nombre des usines belges est de sept, et leur production annuelle est de 400.000 tonnes (***).

(*) La compagnie du chemin de fer de Paris à la Méditerranée est sur le point d'établir deux usines, l'une à Chasse, près de Givors, l'autre à Nîmes.

(**) Les documents officiels indiquent, pour 1862, 109.684 tonnes.

(***) M. Franquoy l'estimait en 1860 à 1.000 tonnes par jour, *Annales des travaux publics de Belgique*, tome XIX, page 149. Des cinq usines existant à Charleroi en 1860, quatre seulement ont été conservées; mais on en a établi depuis lors deux à Mons et une à Liége.

En Angleterre, la fabrication des agglomérés s'est moins développée qu'en France, et cela se conçoit sans peine, lorsqu'on réfléchit que le charbon anglais est généralement plus dur que le charbon français, et que le gros y est à un prix trop bas, pour que l'on puisse vendre les agglomérés à un taux suffisamment rémunérateur. Dans le rapport sur l'Exposition universelle de Londres, en 1862, on lit à ce sujet, p. 47 du tome I : « L'industrie des agglomérés est « demeurée stationnaire, depuis quelques années, en « Grande-Bretagne. Elle ne produit annuellement qu'envi- « ron 120.000 tonnes, dont 90.000 tonnes sont exportées. » Par contre, le menu du pays de Galles est aggloméré à Bordeaux, Nantes, Brest, Caen, le Havre et Dieppe. Enfin, la fabrication des agglomérés de houille, s'implante aussi en Allemagne. Une machine Mazeline fonctionne depuis plusieurs années à Mühlheim sur le Rhin, une autre à Dresde, et une machine Évrard en Autriche. Mais l'Allemagne prépare surtout, dans de nombreux établissements, des briquettes de lignites terreux et de tourbe.

Nous terminerons ce court résumé historique par l'énumération des principaux mémoires publiés depuis dix ans sur la matière.

1° Note sur l'agglomération des charbons menus; par M. Henri *Gérondeau*. (*Revue de Liége*, tome X, page 50, année 1861.) C'est un examen critique, fort bien fait, des appareils de compression employés dans les usines belges.

2° Mémoire sur la fabrication des combustibles agglomérés dans le district de Charleroi; par M. Franquoy. (*Annales des travaux publics de Belgique*, tome XIX, page 149, année 1860.) Mémoire descriptif plutôt que critique.

3° Notice sur l'usine d'agglomération de la Chazotte (Loire); par M. Évrard, l'inventeur de la machine installée dans cette usine. (*Bulletin de la Société minérale*, tome IV, page 261, année 1859.)

4° Note sur quelques procédés anglais pour la fabrication des combustibles artificiels; par M. S. Jordan. (*Bulletin de la Société minérale*, tome V, page 805, année 1860.)

5° *Précis de chimie industrielle*; par M. Payen. 3° édition, p. 1053. Ancien procédé au brai gras suivi à Blanzy.

6° Rapport d'Ébelmen sur le charbon de Paris fabriqué par M. Popelin-Ducarre (1851). (*Bulletin de la Société d'encouragement*, tome L, page 389)

7° *Armengaud aîné*. Machines, outils, appareils, etc., année 1855, tome IX, page 350. Notice historique sur les combustibles artificiels, avec liste des brevets pris en France depuis 1810 à 1854, et description des procédés et machines à l'aide desquels on fabrique le charbon de Paris.

8° *Même ouvrage*, tome XIII, page 406. Machine à mouler les combustibles de M. David, ingénieur à Paris.

9° *Même ouvrage*, tome XIV, page 3, année 1863. Description de la machine Mazeline du Havre, et résumé des machines de compression. brevetées pour l'agglomération des combustibles en France, en Angleterre et en Belgique, depuis 1837 à 1861.

10° *Armengaud aîné*. Génie industriel, tome VI, page 259, Description et dessin de la machine *Middleton*, dite machine à chariot.

11° *Même ouvrage*, tome XIII, page 97, et tome XIV, page 73. Machines *Kingsford* et *Hamon* pour mouler et comprimer la tourbe et les menus combustibles. Tome XXIII, année 1862. Machine tangentielle *Jarlot* pour les agglomérés de houille.

12° *Bergwerksfreund*. Nouvelle série, tome I, page 3. Mémoire sur les machines à mouler et comprimer les lignites des environs de Halle; par M. Hecker.

13° Torfverwerthungen in Europa; par le docteur Dullo. 1861.

Ajoutons qu'une partie notable des renseignements contenus dans cette rapide revue des procédés d'agglomération, proviennent d'observations personnelles et de communications privées, fournies par les compagnies de chemins de fer et le ministère de la marine. Sur les effets des briquettes, nous avons spécialement consulté l'intéressant rapport sur les charbons essayés, au port de Brest en 1862, sous la direction de M. Delautel, ingénieur de la marine.

Fabrication. — La fabrication des briquettes comprend le choix et l'épuration des charbons, le choix et la préparation du ciment, la formation de la pâte par voie de ma-

laxage, la compression de cette pâte, et enfin, dans certains cas, la cuisson plus ou moins complète des briquettes moulées. Mais, pour bien apprécier les divers modes de fabrication et l'influence du choix des matières sur les produits, indiquons d'abord les qualités que l'on requiert d'un bon aggloméré. Elles sont très-bien résumées dans l'article 9 du cahier des charges, imposé par l'administration de la marine française aux fournisseurs de charbon de terre. Cet article est actuellement ainsi conçu : « Les « agglomérés devront être durs, sonores, homogènes, « peu hygrométriques, à peu près dépourvus d'odeur; ils « seront fabriqués avec des menus de bonne qualité, de « fraiche extraction, lavés avec soin, et au moyen de l'ad- « jonction de 8 p. 100 de matière agglomérante. La sub- « stance agglomérante sera le brai sec, c'est-à dire le ré- « sidu du goudron, dont on a enlevé 40 p. 100 de matières « volatiles, et qui, à cet état, est à la fois très-solide et à « peu près sans odeur.

« Le poids des agglomérés ne dépassera pas 8 kilogr.

« Leur densité moyenne ne devra pas être inférieure « à 1,19.

« Les agglomérés devront s'allumer facilement et brûler « avec une flamme vive et claire, sans se désagréger au « feu, et en ne produisant qu'une fumée grise et légère.

« Soumis pendant vingt-quatre heures à une tempéra- « ture de 60°, dans une étuve, ils ne devront pas éprou- « ver de ramollissement sensible. Ils ne devront pas être « inférieurs, sous le rapport de la quantité d'eau vaporisée « par kilogramme de combustible, aux charbons naturels « admis par l'administration; la proportion des cendres « et des résidus de combustion ne devra pas excéder 10 « p. 100. »

Ajoutons que ces conditions ne sont pas toutes également essentielles, et que quelques-unes devraient être modifiées. Ainsi, la proportion de la matière agglomérante doit varier

avec la nature des charbons. [illegible]
on peut même [illegible]
ment proportionnel [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
Elles demandent [illegible]
peu de [illegible]
quièrent moins de [illegible]
croissant des appareils [illegible]
plus sévères [illegible]
compagnie du Nord signale un [illegible]
Orléans et Lyon. — [illegible]
p. 100. La condition du [illegible]
importante pour les chemins de fer [illegible]
la marine, à cause de la température [illegible]
charbon. [illegible]
s'y soudent entre elles, mais [illegible]
pérature, des unités [illegible]
des chauffeurs.

Briquettes à ciment.

Passons maintenant à la fabrication [illegible] briquettes de houille, en nous occupant d'abord de la méthode ordinaire, basée sur l'emploi d'un ciment spécial, [illegible] des tentatives faites pour obtenir des briquettes sans [illegible] ment.

1. *Choix des charbons.* — Tous les charbons ne con[illegible]

viennent pas également pour l'agglomération. Au point de vue de l'exploitation, on est nécessairement conduit à donner la préférence aux houilles tendres qui donnent une forte proportion de menu. Or ces charbons sont généralement riches en carbone et ont, par cela même, un pouvoir calorifique fort élevé. Ainsi, à ce point de vue aussi, on doit les préférer à tous les autres. Mais les houilles tout à fait maigres, et surtout les anthracites proprement dites, sont difficiles à agglomérer. Elles se soudent imparfaitement au brai. Dès que cet aggloméré est mis au feu, le ciment et les fragments empâtés se séparent de nouveau, à moins de soumettre les briquettes au préalable à une véritable carbonisation, ainsi que cela se pratique dans la fabrication des charbons de Paris; ou bien, il faut mélanger aux charbons trop maigres 20 à 30 p. 100 de menus gras. On choisit donc généralement, pour les agglomérés, les menus *demi-gras*, ou un mélange intime de houilles grasses et maigres. C'est ce que l'on fait à Charleroi, Swansea, Saint-Étienne, la Grand'Combe etc.

On a cependant essayé aussi l'agglomération des houilles sèches à longue flamme et des lignites durs. Mais, dans ce cas, la dureté et l'infusibilité des petits fragments, rendent la formation de briquettes solides, par les procédés ordinaires, fort difficile; elles se désagrégent encore plus aisément au feu que les briquettes anthraciteuses. C'est ainsi qu'à Marseille la maison Michel, Armand et comp. a vainement tenté l'agglomération des lignites du Rocher-Bleu, en se servant du procédé au brai gras de M. Marsais de Givors. Les briquettes, solides, à froid, coulaient et retombaient en poussière dans le foyer. Pour obtenir un produit résistant, il faudrait carboniser la masse à la façon des charbons de Paris, ou chauffer le mélange sous pression, selon la méthode de M. Baroulier; mais, dans l'un et l'autre cas, on perdrait la majeure partie des éléments volatils. Jusqu'à présent donc, on fabrique surtout les bri-

quettes avec les charbons gras et demi-gras à courte flamme. Lorsque, comme à Blanzy, on agglomère néanmoins des charbons greuus à longue flamme, une pression très-forte devient nécessaire. Si l'on veut d'ailleurs que la teneur en cendres soit au-dessous de 7 à 8 p. 100, il faut de toute nécessité laver les houilles avec quelque soin. Ajoutons que l'aggloméré sera d'autant plus solide que le menu aura été broyé plus fin.

2° *Choix et préparation du ciment.* — Les trois ciments dont se servent les fabricants de briquettes sont : le goudron brut, le brai gras et le brai sec.

Le *goudron brut*, à cause de sa fluidité à la température ordinaire, facilite la formation de la pâte. On opère le malaxage et la compression à froid. Mais les briquettes, ainsi obtenues, restent molles, se désagrégent complétement au feu et brûlent avec fumée abondante. On ne peut adopter ce mode de fabrication qu'en torréfiant les briquettes pour les durcir et en éliminer les composés les plus volatils Mais par cela même on perd, au moins en partie, les éléments volatils qui ont aujourd'hui acquis une très grande valeur. Les appareils pour la cuisson sont d'ailleurs coûteux à établir, occupent beaucoup de place et occasionnent des frais de main-d'œuvre et d'entretien fort élevés. Ce système a néanmoins fonctionné pendant plusieurs années à l'usine de Lodelinsart près de Charleroi (*) et dans une usine de Marseille appartenant à la compagnie de la Grand'Combe, et fonctionne encore dans celle de MM. Morin et comp. à Givors, et dans l'usine à gaz de la Villette à Paris. On ajoute au charbon menu 8 à 10 p. 100 de goudron brut, puis les briquettes sont empilées sur des chariots en fer et chauffées à environ 300° pendant 24 heures dans de vastes chambres de torréfaction. Les éléments volatilisés sont en partie condensés; avec des étuves sans fuites, le

(*) *Annales de Belgique*, tome XIX, page 165.

poids des matières ainsi condensées pourrait s'élever à 20 ou 25 p. 100 du goudron ajouté.

Mais cette condition est difficile à réaliser; aussi, soit par ce motif, soit à cause des frais de main-d'œuvre et d'entretien plus élevés que dans les procédés ordinaires, cette méthode d'agglomération au goudron brut n'est pas à recommander. Les produits sont néanmoins beaux et satisfont spécialement à la condition, imposée par la marine, de ne pas se ramollir, et de brûler sans fumée. On fabrique d'une manière analogue le *charbon de Paris.* On agglomère avec le goudron brut des combustibles menus de toute espèce : charbons de bois et de tourbe, débris de coke et de houille, sciure de bois, etc. Puis les briquettes, qui ont généralement la forme de boudins minces, sont calcinées en vase clos jusqu'au rouge, de façon à en expulser tous les éléments volatils. Pour réduire les frais, on brûle d'ailleurs ces vapeurs sous les appareils de carbonisation (*).

Le *brai gras* est du goudron de houille concentré dont on a retiré, en le chauffant à 200°, 20 à 25 p. 100 de matières volatiles. Il se ramollit au soleil et devient complétement fluide bien avant 100°. On peut le préparer *directement* en distillant le goudron comme dans l'usine Marsais à Givors, ou bien en restituant au brai sec une certaine proportion de goudron brut, comme dans les fabriques du système Évrard. Ce brai gras fondu est mêlé au charbon dans un malaxeur chauffé, et la pâte ainsi obtenue pressée chaude. Les briquettes au brai gras sont dures et se maintiennent au feu; mais elles brûlent avec fumée noire et ne satisfont donc pas à toutes les conditions prescrites par la marine impériale. Toutefois les briquettes

(*) Rapport de Ébelmen. *Bulletin de la Société d'encouragement*, tome L, page 389, et *Armengaud* aîné, Machines, outils, etc., tome IX, page 358.

Évrard et Marsais, préparées au brai gras, sont fort appréciées par les compagnies de chemins de fer. On ne les craint plus, depuis que l'on applique les appareils fumivores. L'important est de bien les comprimer et de se servir de charbons lavés, demi-gras, riches en carbone. La proportion de brai gras ajouté varie entre 7 et 8 p. 100. Il en faut d'autant plus que les charbons sont plus maigres.

Le *brai sec* est du goudron de houille, concentré jusqu'à 280 ou 300° et dont on a retiré par distillation 35 à 40 p. 100 de matières volatiles. Il devient mou et pâteux vers 80 à 100°, mais ne fond pas à cette température et peut se broyer à froid, s'il a été suffisamment concentré. A cet effet, il doit laisser à la carbonisation au creuset de platine au moins 45 à 46 p. 100 de charbon boursouflé. Le brai sec a sur le goudron et le brai gras l'avantage de fournir *immédiatement* des briquettes dures, dégageant peu d'odeur et de fumée, et ne se ramollissant pas vers 50 à 60°. Mais il faut une pression plus forte pour les comprimer, et si l'on veut avoir des briquettes solides, avec des charbons non collants, il faut ajouter le brai sec dans la proportion de 8 à 10 p. 100. Le broyage et le ramollissement du brai sec exigent d'ailleurs autant de vapeur que l'appareil de compression. Les usines belges se servent aujourd'hui exclusivement de brai sec broyé; il en est de même des fabriques d'Anzin, Aniche, Blanzy, Portes, etc., en France; mais on a conservé généralement le brai gras dans les établissements où l'on fait usage de la machine Évrard.

3° *Préparation de la pâte.* — La fabrication d'un bon aggloméré exige le mélange intime du charbon et du ciment. Lorsqu'on fait usage de *goudron brut*, le mélange se fait à froid. On se sert pour cela d'une auge horizontale semi-cylindrique, de 5 à 6 mètres de longueur, dans laquelle se meut un arbre portant des bras en fer, pour malaxer la pâte, et une hélice en tôle, pour la pousser graduellement

d'une extrémité à l'autre. Une pompe, ou roue à tympan, verse le goudron en tête de l'auge ; une chaînette à godets, le charbon. En hiver, dans les climats rigoureux, il faut chauffer le goudron. De l'auge, la pâte arrive directement par une trémie sous l'appareil compresseur.

Au *brai gras*, la pâte se prépare de même, mais à chaud, pour fondre le ciment. La fusion du brai et le malaxage de la masse peuvent se faire à feu nu sous l'action directe de la chaleur, ou bien indirectement par la vapeur à haute pression. On s'est servi d'abord du chauffage à feu direct ; c'est le procédé imaginé par M. Marsais à Bérard, et qui fonctionne encore aujourd'hui dans l'usine de Givors. L'appareil se compose d'un four cylindrique couché, dont la sole en fonte peut s'entr'ouvrir en vue du déchargement. Un arbre horizontal à palettes brasse la pâte, et un foyer latéral la maintient chaude. Une charge de 460 à 480 kilogrammes est chauffée en 20 minutes à environ 85 à 90 degrés. Le chargement se fait à l'aide d'une trémie supérieure, dans laquelle le charbon est amené froid par une chaîne à godets, tandis que le brai y arrive chaud et fondu. Une disposition analogue avait été adoptée à l'ancienne usine de la Motte, de la compagnie de Blanzy, aujourd'hui abandonnée. Elle est décrite dans la *Chimie* de M. Payen, 3e édition, et dans le tome 4 du *Génie industriel*. Ce système de chauffage direct, dans un four ouvert, a l'inconvénient de chauffer trop fortement certaines parties du mélange, et d'occasionner ainsi la décomposition partielle du bitume-ciment. A l'usine de Montigny, près Charleroi (*), le malaxage se faisait dans un long tube horizontal en tôle de 20 mètres, chauffé extérieurement par un double foyer. Ce système, qui n'est plus employé, participe aux inconvénients que je viens de signaler.

Le chauffage de la pâte à l'aide de la vapeur d'eau pa-

(*) *Mémoire Franquoy*, page 170.

raît d'invention anglaise. Il en est question dans une patente prise en Angleterre par un sieur Dobrée, le 8 août 1848. Sur le continent, la première application en a été faite par M. Évrard, à la Chazotte, en 1853; ses brevets sont des 15 janvier et 25 juin 1853; M. Évrard chauffe d'abord le charbon avant le mélange, puis la pâte elle-même (*). La houille menue, destinée à l'agglomération, est versée dans une trémie en tôle à double paroi. La vapeur qui remplit l'intervalle s'écoule directement au milieu du charbon même par un certain nombre de très-petits trous. Du moins on opère ainsi lorsque le charbon est sec, car lorsqu'il est mouillé, il faut plutôt le sécher à l'aide de vapeur surchauffée, circulant simplement entre les deux parois. Il faut que le menu renferme au maximum 7 à 8 p. 100 d'eau. Mais le calcul montre qu'en opérant sur du charbon sec, 4 à 5 p. 100 de vapeur suffiraient, à la température de 150°, pour amener le charbon à près de 100°.

Le charbon ainsi chauffé est transporté par une chaîne à godets dans une auge horizontale ouverte, pourvue d'une enveloppe à vapeur et contenant une hélice à mouvement lent, tandis que le brai gras, préalablement fondu dans une chaudière, y est versé également par un appareil spécial. L'hélice opère un premier mélange et conduit la pâte dans un malaxeur vertical, sorte de cylindre en tôle, à double paroi, également chauffé par un courant de vapeur. Un arbre mobile, placé dans l'axe du cylindre et muni de palettes tranchantes, y opère le malaxage. La hauteur du cylindre est de 1^{m},50, et doit dans tous les cas ne pas dépasser 2 mètres, pour ne pas augmenter outre mesure le travail de l'arbre à palettes. De là la pâte se rend directement, par des couloirs inclinés, à l'appareil compresseur, où il suffit qu'elle arrive à la température moyenne de 30 à 40°

(*) Notice sur l'usine de la Chazotte ; par M. Évrard. *Bulletin de la Société minérale*, tome IV, page 261.

lorsqu'on opère au brai gras. L'eau mêlée au charbon est d'ailleurs en majeure partie expulsée de nouveau par la pression qu'éprouve la briquette dans le moule; mais la présence de cette eau semble faciliter la compression en favorisant le glissement des particules de houille. Si le charbon n'était pas préalablement chauffé, le brai gras se figerait à son contact, le malaxage serait plus difficile et la pâte ne deviendrait liante qu'en y mêlant au delà de 8 p. 100 de brai. Il est même évident qu'en chauffant et malaxant mieux la pâte on pourrait réduire la proportion de brai.

Lorsqu'on fait usage de *brai sec*, la préparation de la pâte se compose de deux opérations : le *broyage* du brai, et le *malaxage* proprement dit. Le broyage du brai n'offre aucune difficulté, pourvu que la température de l'air soit peu élevée et le brai suffisamment concentré. On se sert en général d'un broyeur conique en fonte, établi d'après le principe des moulins à café. Parfois, comme à la Grand'-Combe, les fragments de brai passent encore, au sortir de là, entre deux cylindres horizontaux à surfaces unies. Pour obtenir un mélange de brai et de houille à proportions fixes, on a recours à un appareil mélangeur d'origine anglaise (*). Il se compose de deux trémies contiguës, d'inégale grandeur; la plus petite reçoit le brai en poudre, la plus grande, la houille menue. Chacune des trémies est fermée dans le bas par un distributeur horizontal à hélice, dont les dimensions et la vitesse sont calculées de façon que le plus petit laisse passer dix à douze fois moins de matière que le grand. Le brai et le charbon provenant de ces distributeurs passent encore ensemble entre deux cylindres broyeurs de 0,50 à $0^m,60$ de diamètre. De là les deux matières mélangées arrivent, soit directement, soit à l'aide d'une chaîne à godets, au malaxeur proprement dit. Cet appareil est semblable à celui de la machine Évrard,

---

(*) Mémoire de M. Gérondeau, page 53.

si ce n'est que le cylindre est plus grand, et que la vapeur s'écoule directement de l'espace annulaire, par plusieurs orifices, au milieu de la masse à agglomérer. Pour douze à quinze tonnes à malaxer par heure, on donne au cylindre (dans la machine Mazeline), un volume de 2 mètres cubes, soit 2 mètres de hauteur, sur $1^m,10$ à $1^m,13$ de diamètre. Mais il est bien évident que ces dimensions sont insuffisantes.

D'après le volume du malaxeur, la matière n'y reste pas au delà de six à sept minutes, et parfois seulement quatre à cinq; or, dans ce court espace de temps, il est tout à fait impossible que le brai soit suffisamment ramolli et intimement mélangé au charbon réchauffé. De là vient que, pour obtenir des produits convenables, il faut atteindre, dans la plupart des usines, la proportion exagérée de 10 p. 100 de brai. C'est là, comme dans les fabriques au brai gras, le grand défaut des méthodes suivies. Toute l'attention des inventeurs a été portée sur les machines à comprimer, tandis qu'on a négligé les appareils de chauffage et de malaxage; et cependant c'est de la proportion plus ou moins considérable de brai que dépend surtout le prix de revient. Il me semble que la solution véritable du problème serait une température plus élevée du mélange, due à l'emploi bien entendu de la vapeur surchauffée. Il faudrait de plus, pour obtenir un mélange intime du brai, prolonger le séjour des matières dans le malaxeur, et par suite en augmenter les dimensions. Mais alors, pour ne pas accroître outre mesure la résistance due au brassage de la pâte, il faudrait se servir plutôt de cylindres *couchés*, convenablement chauffés, que de malaxeurs verticaux. Il faut, en un mot, chercher à imiter le système que l'ingénieur Exter applique en Allemagne aux lignites terreux et aux tourbes, système dont nous dirons quelques mots à la fin de cette note. Dans tous les cas, lorsqu'on a recours au brai sec, il faut que la pâte possède, en arrivant aux moules, une température de 80 à 90 degrés.

4° *Appareils de moulage et de compression. Considérations générales.* — Les agglomérés doivent être uniformément durs et tenaces, faciles à arrimer, et d'un poids assez faible pour ne pas avoir à les concasser avant leur emploi. La marine impériale prescrit, par ce motif, un poids maximum de 8 kilogr. Si les frais de fabrication, de chargement et de transbordement n'augmentaient avec la petitesse des briquettes, il y aurait même avantage de réduire leur poids à 1 ou 2 kilogr. Plus l'épaisseur des briquettes est faible, plus leur densité sera uniforme.

M. Gérondeau a constaté que les briquettes rectangulaires de M. Dehaynin, à Charleroy, dont les dimensions transversales sont de 0m,29 sur 0m,185, présentent sur les faces inférieure et supérieure une différence de densité de 5 p. 100 (1,21 à 1,16), lorsque leur épaisseur est de 0m,14: tandis qu'à l'usine de Mühlheim, pour des dimensions transversales de 0,30 sur 0,24, la différence est de moins de 1 p. 100 (1,20 à 1,19), lorsque l'épaisseur est réduite à 0m,11. Cette différence de densité tient à la transmission imparfaite de la force de compression au travers de la pâte ferme dont se composent les briquettes. Le coefficient de frottement du menu charbon sec, contre les parois des moules en fonte, est d'environ 0,70. C'est le chiffre que déduit M. Gérondeau d'une expérience de M. Évrard de la Chazotte (*). On conçoit que, dans ces conditions, le travail dû au choc ou à une pression lente soit promptement détruit par le frottement. Aussi M. Gérondeau trouve, en partant de ce coefficient de 0,70, et dans le cas d'une briquette rectangulaire de 0m,25 sur 0m,20, que la pression de 50.000 kilogr. (soit 100 kilogr. par centimètre quarré) est réduite à 8.578 kilogr., ou au sixième environ, d'une base à l'autre, lorsque la distance de ces bases est de 0m,14.

(*) Mémoire de M. Gérondeau. *Revue de Liége*, tome X, page 112.

On peut conclure de là : 1° que la pression fournie par la machine doit être, pour un bon aggloméré, d'au moins 120 kilog. par centimètre quarré; et même, lorsqu'on agglomère, comme à Blanzy, des charbons grenus et durs, elle devrait être portée à 140 ou 150 kilogr. ; 2° que, pour une section transversale de 4 à 500 centimètres quarrés, l'épaisseur ne doit pas excéder $0^m,10$ à $0^m,12$; 3° enfin que, si les briquettes ont une section moindre, l'épaisseur doit naturellement décroître aussi, puisque le frottement est alors plus grand. Il est enfin évident qu'au point de vue d'une complète uniformité de la densité et de la réduction du frottement au minimum, la forme circulaire est la plus avantageuse; et dans le cas de moules rectangulaires, il faut tout au moins tronquer et arrondir les angles.

Appareils compresseurs proprement dits. — Les machines dont on se sert pour le moulage et la compression des briquettes varient d'une usine à l'autre, mais peuvent se réduire à quatre types.

Premier type. — Roues tangentielles.

Un premier type est celui des *roues tangentielles*, imaginé d'abord pour la fabrication des briques ordinaires. C'est un tambour cylindrique agissant, par sa surface convexe, tantôt sur des moules, se promenant horizontalement le long d'une table, sous forme de chaîne sans fin; tantôt et le plus souvent sur un deuxième tambour, se mouvant en sens inverse du premier. Les surfaces convexes des tambours sont d'ailleurs, tantôt unies, tantôt pourvues de parties saillantes et creuses. e correspondant deux à deux comme les dents d'un engrenage. Dès 1837, M. Tenaud de Montour a proposé un pareil système pour le moulage de la tourbe, et depuis lors une foule de constructeurs ont diversement modifié les compresseurs tangentiels. La liste, dressée par M. Armengaud, contient plus de vingt appa-

reils brevetés de 1855 à 1861, tous basés sur le principe de deux roues tangentielles, entre lesquelles passe la pâte à mouler. Le système est simple et d'une application facile, mais présente un défaut grave, surtout lorsqu'il s'agit d'agglomérés de houille. Le mouvement cylindrique d'une came ou dent, qui pénètre dans un moule engendre des pressions obliques, dont la direction et la puissance varient à chaque instant; il en résulte des glissements intérieurs, de nature à compromettre la solidité des briquettes, surtout lorsqu'elles sont composées d'éléments durs, difficiles à cimenter, et lorsqu'on opère au brai sec faiblement ramolli.

Les roues tangentielles sont de deux sortes, comme on vient de le voir : les jantes sont *pleines* ou pourvues de *moules*. La seconde disposition est de beaucoup la plus répandue, et se subdivise elle-même en plusieurs variétés. Nous ne citerons que les trois principales.

L'une des plus simples sert près de Halle au moulage du lignite terreux. Elle y est connue sous le nom de système *Milch* (*).

1° *Système à deux tambours, l'un uni, l'autre à moules creux.* — Le lignite terreux, convenablement pétri avec un peu d'eau, tombe dans une trémie, puis de là dans les cavités d'une roue verticale contre laquelle presse un rouleau uni. Le fond des moules est formé par un tampon mobile, muni à sa face inférieure d'une sorte de courte tige à la façon des soupapes à coquille. Lorsque le moule plein est arrivé au point le plus bas de sa course, le bout de la tige du fond mobile est poussé par un galet excentrique qui opère le démoulage. Ce système a le grand defaut de produire une compression insuffisante. Au lieu d'un tambour *uni*, il faut une roue à dents saillantes, destinées à pénétrer dans l'intérieur des moules. Les briquettes de lignites, obtenues à Halle par le système Milch, sont friables et

(*) Bergwerksfreund, p. 1, année 1860.

d'une densité à peine égale à *un*. Dans tous les cas, pour les briquettes de houille, ce système à rouleau compresseur uni ne suffit pas.

2° *Système à deux tambours, l'un à moules creux, l'autre à dents saillantes.* — Une machine, qui remplit mieux le but, est construite par la maison Mazeline et compagnie, d'après un brevet pris en 1859 par M. David, du Havre. Elle se compose de deux roues verticales, de 2 mètres à 2m,50 de diamètre, l'une pourvue de moules, l'autre de dents. Les moules sont aussi à fond mobile, mais cette pièce fait ici fonction de piston compresseur, avant de servir au démoulage proprement dit. Au moment où la dent pénètre dans le moule, le tasseau mobile s'avance de son côté vers l'intérieur du moule, sa tige étant poussée en cet instant par une sorte de galet très-solide. De cette façon, la briquette, à la fois comprimée sur ses deux bases, devient plus uniformément dense. La queue du fond mobile, en se promenant le long d'un excentrique, détermine ensuite le démoulage, au moment où la briquette atteint le point le plus bas de la roue : celle-ci tombe alors sur une toile sans fin qui l'amène à portée des ouvriers occupés à enlever les produits.

Par les motifs déjà signalés, les roues à moules et dents produisent toujours des briquettes plus ou moins déformées, surtout lorsque la pâte est préparée au brai sec. Cette déformation est d'ailleurs d'autant plus sensible que les briquettes sont plus grandes. Aussi, en général, ces appareils ne doivent-ils être employés que pour des briquettes d'un faible poids. Les agglomérés des machines de M. Mazeline et compagnie ne pèsent qu'un kilogramme et mesurent seulement 0m,185 sur 0m,085 et 0m,063 d'épaisseur.

Ces appareils produisent en moyenne 30 à 35 tonnes par 10 heures, les roues portant 27 moules et faisant 2 tours par minute. Des machines de ce genre fonctionnent à Montchanin, au Havre, à Caen, à Brest, etc., c'est-à-dire plu

dans des usines d'une fabrication restreinte que dans de vastes ateliers sur les mines mêmes. La puissance de la machine motrice est de 12 à 15 chevaux, soit 4 chevaux par tonne de briquettes fournie par heure, non compris les broyeurs. MM. Mazeline livrent cette machine toute posée, sans le moteur, mais avec tous les accessoires, au prix de 33.000 francs.

3° *Système à deux tambours, l'un et l'autre pourvus de moules sans fond.* — La troisième machine tangentielle, dont nous parlerons, est l'appareil de M. *Jarlot*, autrefois directeur des ateliers de construction de la compagnie de Montrelais, aujourd'hui constructeur à Lorient. Cette machine, brevetée en 1860, a fonctionné aux mines de Languin, et marche encore dans les établissements de la compagnie du Midi à Bordeaux. Elle est simple et peu coûteuse, mais ne convient également que pour une fabrication restreinte et pour des briquettes d'un faible poids. Les deux roues tangentielles, de $1^m,15$ de diamètre extérieur et $0^m,13$ de largeur de jante, sont complétement symétriques; l'une et l'autre sont percées de moules; aucune ne porte de véritables dents, seulement les parties pleines de la jante de l'une des roues correspondent aux vides de l'autre et réciproquement (*). Mais ce qui caractérise spécialement ce type, c'est que les moules sont de simples orifices, toujours ouverts, percés de part en part dans la jante. Celle-ci a $0^m,15$, suivant le sens du rayon de la roue, pour que chaque moule soit sensiblement plus étroit au point de sortie à l'intérieur de la roue qu'à l'extérieur. La pâte arrive, comme à l'ordinaire, par une trémie placée au-dessus de la ligne de tangence des deux roues. Là elle est foulée dans les cavités de chacune des deux jantes par les pleins de l'autre. Par tour de roue, la pâte pénètre ainsi de quelques centimètres dans chaque moule, et marchant de la

(*) *Génie industriel*, tome XXIII, page 5, année 1862.

sorte, de la circonférence extérieure vers l'intérieur des jantes, elle s'échappe finalement sous forme d'une série de boudins continus. Un couteau fixe les découpe enfin en plaquettes isolées. La compression est due ici, comme dans la machine à pistons de M. Évrard, à la simple résistance que le frottement contre les parois du moule oppose à la marche de la pâte. Seulement on ne peut pas modifier ici à volonté, comme dans la machine Évrard, les orifices de sortie et approprier la résistance à la nature des charbons. La longueur des moules, c'est-à-dire l'épaisseur des jantes étant donnée, on ne peut augmenter ou diminuer la force de compression par le frottement qu'en rendant la pâte plus ou moins ferme. Avec des charbons grenus et du brai sec l'appareil marche difficilement. A Blanzy on a vainement tenté de le faire fonctionner pendant une quinzaine de jours; on dut y renoncer. A Languin, où le charbon est extrêmement friable et poussiéreux, on a bien réussi; et dans les ateliers de la compagnie du Midi, à Bordeaux, la machine marche bien aussi, mais on se sert de 9 p. 100 de brai gras, composé de 6 dixièmes de brai sec et de 4 dixièmes de goudron brut. M. Voruz, de Nantes, livre cette machine, non compris la pose, le moteur, les broyeurs, malaxeurs, etc., au prix de 8.000 francs. Avec une machine de 25 à 30 chevaux, l'appareil peut débiter 5 tonnes par heure, ce qui fait 5 à 6 chevaux par tonne et heure, les accessoires compris.

4° *Système à deux tambours unis.* Les roues tangentielles *unies*, sans moules, ont été proposées pour la préparation des briquettes par M. Verpilleux, de Rive de Gier. Le brevet est de 1859.

La pâte passant entre les deux cylindres est laminée en galette continue. Un couteau mécanique divise ensuite celle-ci transversalement en briquettes proprement dites. Mais cet appareil n'a été appliqué nulle part, et ne me paraît pas devoir donner des produits solides. On sait, par

l'exemple du fer, que le laminage ne remplace pas, sous le rapport de la densité et de la ténacité, la compression proprement dite, surtout lorsque la masse, au moment du laminage, n'a qu'une faible consistance. Elle est étirée plutôt que comprimée; elle fuit sous la pression.

Deuxième type. — Machines à pistons et moules fermés.

Le deuxième type de machines à comprimer est basé sur l'emploi de *pistons* foulant la pâte dans des moules *fermés* à *fonds mobiles;* c'est le mode de compression auquel on a le plus souvent recours. La pâte, toujours pressée normalement, ne peut fuir ou glisser sur elle-même. Le seul point qu'il ne faut jamais perdre de vue, c'est le frottement considérable de la pâte contre les parois du moule, et par suite, comme nous l'avons déjà dit, l'obligation de ne jamais donner à la masse à comprimer une épaisseur trop forte. Les machines à pistons et à moules fermés peuvent être divisés, soit d'après le mode de compression plus ou moins brusque ou lent, soit d'après le mode de démoulage plus ou moins simple. Citons les appareils les plus remarquables, ceux que la pratique a spécialement consacrés.

Le plus ancien et l'un des plus simples est celui que M. Marsais a installé à Saint-Étienne en 1842, et qui fonctionne encore maintenant dans l'usine de Givors.

1° *Machine Marsais, de Givors.* — L'appareil compresseur est la presse hydraulique ordinaire, évidemment très-propre pour le but en question, à cause de son action lente. Le moule est un fort prisme en fonte, cerclé de frettes jointives en fer. Sa section intérieure est celle d'un carré de $0^m,70$, tronqué sur les angles; sa hauteur de $1^m,20$.

Ce moule, porté par un wagon, est rempli sous le four où se prépare la pâte, puis amené, par un court chemin de fer, entre les montants d'une forte presse hydraulique. Le

couvercle, abaissé à l'aide d'une vis, est solidement arrêté au moyen d'une clavette; puis la presse pousse de bas en haut le fort plateau mobile dont se compose le fond du moule. Le volume de la pâte est réduit aux deux tiers et les soupapes de sûreté s'ouvrent à la pression limite de 100 à 120 atmosphères. On desserre alors la vis et l'on amène le wagon chargé sous une deuxième presse plus faible, dépourvue de traverse supérieure; elle opère le démoulage en poussant le plateau mobile et avec lui le bloc aggloméré jusqu'au haut du moule. Pour une opération entière il faut 8 à 10 minutes. Le prisme de houille ainsi obtenu pèse 465 kil. C'est un bloc énorme qu'il faut ensuite concasser, et dont les diverses parties ne sont pas toutes également denses lorsque la pâte est trop ferme. Là est le vice de ce procédé. On a cherché à y remédier en plaçant sur le fond mobile des cloisons verticales à bords tranchants. On divise ainsi le bloc en plusieurs pains; mais en augmentant le frottement, on diminue d'autant la force de compression. La partie supérieure du bloc est seule alors fortement pressée, tandis que sa base, emprisonnée dès l'origine entre les cloisons, l'est beaucoup moins. On peut bien ainsi diviser le bloc en six pains, mais lorsqu'on multiplie les cloisons pour avoir douze pains, le bas ne se comprime plus du tout. A cause de la lenteur de la manœuvre, il faut nécessairement, ou conserver au bloc unique son fort volume ou bien multiplier les moules, de façon qu'à chaque mouvement ascensionnel du piston on obtienne simultanément un grand nombre de petites briquettes. C'est ce qu'a réalisé M. Revollier de Saint-Étienne en combinant très heureusement, comme nous le verrons plus bas, la machine Marsais avec le chariot circulaire de Middleton.

Par heure, chaque presse Marsais fournit $2^t,5$ de houille agglomérée. Pour ce travail, il faut un moteur de 12 à 15 chevaux. C'est 5 chevaux par tonne et heure. Actuellement

l'usine de Givors fournit avec quatre presses 180 à 200 tonnes d'agglomérés par jour.

2° *Machines Popelin-Ducarre, Moreau et David, pour charbon de Paris ou charbon moulé.* — L'une des machines les plus anciennes, après la presse de M. Marsais, est celle dont M. Popelin-Ducarre se sert depuis 1846 pour la fabrication du charbon de Paris. Une série de pistons verticaux, tous fixés à une même traverse mobile, bourrent la pâte dans un égal nombre de moules cylindriques. Lorsque les pistons, dans leur mouvement ascensionnel, ont de nouveau quitté les moules, le châssis dans lequel ces derniers sont fixés se déplace horizontalement. Il glisse sur un support fixe qui offre tour à tour des vides et des pleins. Les pleins correspondent aux moules au moment du bourrage, ils les ferment alors par le bas; tandis que, l'instant après, le fond des moules se trouvant à découvert, d'autres pistons, qui alternent avec les premiers, opèrent le démoulage. Cette machine est figurée et décrite dans la publication industrielle d'Armengaud, tome IX page 363.

Les machines *Moreau* et *David*, également employées pour le charbon moulé, reposent sur le même principe que celle de M. Popelin-Ducarre. Elles se composent aussi de pistons bourreurs et débourreurs, pénétrant alternativement dans des moules régulièrement déplacés par un mouvement de va-et-vient. La première est décrite dans Armengaud tome IX, page 371 ; la seconde dans le même ouvrage tome XIII, page 406, et dans le mémoire de M. Franquoy, page 204.

Ces machines offrent toutes trois un même inconvénient. Les briquettes sont coupées transversalement par le mouvement de translation des moules. Ce cisaillement est possible, lorsque la section des briquettes est faible et la pâte très-molle. C'est le cas du charbon de Paris, qui s'obtient en boudins minces et avec un excès de goudron brut; mais ces machines ne conviendraient nullement pour

les agglomérés proprement dits, dont les dimensions sont plus fortes, et la pâte plus ferme.

3° *Machines à chariot circulaire* (machine *Mazeline*, *Revollier*), etc. — La plupart des machines à pistons et moules fermés, que l'on rencontre dans les fabriques d'agglomérés, sont fondées sur l'emploi d'un chariot circulaire à moules, dont l'invention est due au sieur *Middleton*, de Londres, en 1845 (*). Ce chariot se compose d'une forte plate-forme tournante, reposant sur un plateau fixe d'égal diamètre. Les deux pièces sont en fonte. La première est percée de part en part d'une série de moules symétriquement disposés le long d'une circonférence. La seconde sert de fond aux moules de la première. Le mouvement de la plate-forme amène successivement chacun des moules, d'abord sous une trémie qui fournit la pâte, ensuite sous un piston compresseur, poussé directement comme un marteau-pilon, ou indirectement à l'aide d'une genouillère ou d'un balancier. Enfin, les moules arrivent sous un deuxième piston, qui refoule la briquette hors du moule dans un espace libre, où le plateau fixe offre sous le plateau mobile une large échancrure. Cette machine, qui fut d'abord adoptée dans les ateliers de Charleroi, présente un défaut majeur. Le mouvement saccadé du chariot doit être réglé avec la plus grande précision, si l'on veut que les deux pistons rencontrent toujours rigoureusement l'entrée des moules. Il suffit que sa marche soit en défaut de 3 à 4 millimètres pour qu'une partie du mécanisme se brise infailliblement. Mais tout en conservant le principe du chariot, il est aisé d'en modifier l'application, de façon à faire disparaître l'inconvénient signalé. C'est ce qui paraît avoir été fait d'abord en Belgique par M. Detombay, et au Havre par

---

(*) La machine *Middleton* est figurée dans le tome XIX des *Annales des travaux publics de Belgique*, et dans le volume VI du *Génie industriel*.

MM. Mazeline et Couillard. Le changement consiste à placer, dans le fond de chacun des moules, un tasseau mobile, comme dans les roues tangentielles, et à agir, pour opérer la compression, sur la partie saillante de ce tasseau, au lieu de faire pénétrer dans le moule lui-même un piston extérieur. La pression s'exerce de bas en haut, au moment où, par le mouvement intermittent du chariot, l'orifice supérieur du moule, rempli de pâte, est venu se placer sous un fort sommier en fonte, qui s'oppose à la sortie de la pâte pressée. Le démoulage s'opère ensuite également comme dans les roues tangentielles. Au delà du point où la pression s'est donnée, les tiges des tasseaux viennent s'appuyer sur un plan incliné hélicoïdal, occupant sous le chariot une moitié de circonférence. A mesure que celui-ci avance et que d'autres tasseaux viennent recevoir la pression, les tasseaux précédents s'élèvent peu à peu le long du plan incliné, et foulent les briquettes hors du moule. Une main mécanique pousse alors ces dernières sur une toile sans fin qui les entraîne au quai de chargement.

Ce sont des machines de ce genre, marchant au brai sec, qui fonctionnent aujourd'hui dans les usines belges ; et la maison Mazeline, du Havre, en a établi aux mines de la Grand'Combe, ainsi qu'en Angleterre, en Espagne et en Allemagne.

La machine Mazeline est décrite et figurée dans le tome XIV du *Recueil de M. Armengaud*, page 3, Planche 1. Elle fournit des briquettes parallélipipédiques du poids de 9 à 10 kilogr. ; elles ont $0^m,30$ sur $0^m,24$ et $0^m,11$; le chariot renferme dix moules et fait par minute deux tours et demi ; ce qui fait, en marche régulière, une production de 25 briquettes par minute, ou 13 à 14 tonnes par heure. La machine motrice, qui n'a qu'une course de $0^m,35$, exige relativement beaucoup de vapeur, et comme il en faut également pour le broyage du brai, le malaxage et le chauf-

fage de la pâte, on compte en général, pour les chaudières servant à l'ensemble du travail, sur une surface de chauffe de 9 à 10 mètres quarrés par chaque tonne de briquettes préparée par heure.

Le chariot Middleton a été utilisé d'une façon ingénieuse par M. Revollier de Saint-Étienne, pour opérer la compression sans perte de temps, au moyen de la presse hydraulique. Le brevet est de 1861 ; des appareils Revollier fonctionnent aux mines de Blanzy et d'Anzin, et une machine pareille commence à marcher aux mines de Portes et Sénéchas (Gard).

La machine comprend, à la suite du malaxeur vertical ordinaire, où le brai est ramolli à l'aide de vapeur surchauffée, un distributeur de la pâte, puis la presse proprement dite. Le distributeur est une large cuve cylindrique peu profonde, de 3 mètres de diamètre, dans lequel des raclettes mobiles amènent la pâte, provenant du malaxeur, dans les moules de l'appareil compresseur. Celui-ci se compose d'une plate-forme de 3 mètres, tournant horizontalement autour d'un axe fixe vertical. La plate-forme se meut par quarts de tour, et renferme quatre séries de moules, chaque série étant groupée à l'intérieur d'un cercle d'un mètre de diamètre, qui est aussi la mesure du plateau de la presse située au-dessous. Chaque moule partiel est ouvert en haut, et fermé en bas par un tasseau mobile, comme dans la machine Mazeline. C'est simultanément sur tous les tasseaux d'un même groupe circulaire que vient agir le plateau de la presse ; en sorte que, malgré la lenteur du mode de pression, la production est cependant forte, parce qu'à chaque coup de piston on obtient 20, 30 et même 40 briquettes lorsqu'elles sont petites. L'opération se fait en quatre temps. Chaque série de moules vient se placer successivement sous le distributeur, pour recevoir la charge ; ensuite à 90 degrés de là pour qu'un ouvrier puisse, avec une raclette ou pelle à main, combler les moules qui ne seraient pas entièrement pleins.

Un nouveau quart de tour amène les moules sous un fort sommier en fonte contre lequel réagit la pression. Observons ici que la marche du piston hydraulique, ordinairement si lente, est accélérée par un réservoir de pression.

Enfin, un nouveau quart de tour amène les briquettes comprimées au-dessus d'une deuxième presse plus faible destinée au démoulage.

Par cet arrangement, M. Revollier est parvenu à associer d'une façon très-heureuse la presse hydraulique au chariot Middleton, et nous ne doutons pas que ce système ne se généralise rapidement (*). Une machine à vapeur de 60 chevaux suffit pour toutes les manœuvres d'une machine double, composée de deux chaînes à godets, pour élever la houille et le brai en poudre, d'une vis horizontale mélangeuse, d'un malaxeur vertical, de deux distributeurs et plates-formes à moules, enfin d'un jeu de pompes destinées à l'alimentation du réservoir de pression. Une machine double peut fournir 10 tonnes par heure, en sorte que, abstraction faite du broyage du brai, la force motrice nécessaire pour l'ensemble du travail est de 6 chevaux par tonne et heure. Pour le service d'une machine double, il faut vingt ouvriers ou gamins, soit un cinquième de journée par tonne, en admettant des journées de dix heures effectives.

Troisième type. — Machines à pistons et moules ouverts.

1° *Machine Évrard.* — Le troisième type de machines à briquettes, est basé sur l'emploi de pistons et moules non

(*) Si la machine établie à Blanzy n'a pas donné immédiatement de bons produits, c'est qu'on avait donné aux briquettes une épaisseur exagérée de 0^m 28 sur 0^m.13 de diamètre. Jamais, comme nous l'avons dit, même une pression de 150 atmosphères ne peut se transmettre au travers d'un moule aussi étroit lorsque la hauteur dépasse 0^m,15.

fermés, où, à la résistance du fond, on substitue le frottement des matières contre les parois du moule. Lorsqu'on remplit de houille menue, légèrement tassée, un tube cylindrique ou prismatique de faible diamètre, et que l'on fait agir sur cette masse un piston plein, le frottement seul du menu contre les parois suffit pour développer une résistance énorme, propre à engendrer une compression excessive des parties de la masse voisines du piston. M. Bessemer, si connu par son nouveau procédé d'affinage de la fonte de fer, paraît avoir songé le premier à appliquer ce principe à la fabrication des briquettes de houille.

La patente anglaise est du 11 octobre 1850, et M. Jordan a fait connaître son appareil dans la 5ᵉ année du *Bulletin de la Société minérale*, page 810. Mais c'est M. Évrard de la Chazotte qui a réellement rendu le procédé pratique en imaginant un appareil fort ingénieux qui s'est rapidement répandu, et auquel on ne peut reprocher que sa complication un peu grande et des pertes de force trop considérables. Le coefficient de frottement du menu charbon sec contre la fonte polie est, comme nous l'avons dit, d'environ $0^m,70$, et ce coefficient a été déduit par M. Gérondeau de l'expérience suivante, due à M. Évrard. En foulant du charbon, menu sec, dans un tube en fonte de $0^m,08$ de diamètre et de $0^m,03$ d'épaisseur, M. Évrard a vu constamment éclater ce tube dès que sa longueur dépassait $0^m,35$ à $0^m,40$.

Si donc, dans un pareil tube, mais d'une longueur un peu moindre ou d'un diamètre plus grand, on fait régulièrement pénétrer un piston plein par un mouvement de va-et-vient, et qu'à chaque recul du piston on fasse arriver, par un orifice spécial, dans le vide ainsi formé, du charbon frais, ce dernier sera, à son tour, fortement comprimé au coup suivant, et adhérera à la masse précédemment durcie, si la base du piston est cannelée de façon à rendre rugueuse la surface de soudure.

On obtiendra ainsi une briquette *sans fin*, une sorte de boudin que l'on pourra, à volonté, diviser de longueur. Si, par contre, la base du piston est lisse et la résistance très-énergique, on aura plutôt une série de rondelles, simplement juxtaposées, et dont le nombre sera égal à celui des coups de piston; c'est ainsi que l'on opère à Halle, dans les ateliers où l'on prépare à chaud des briquettes de lignites terreux, tandis que M. Évrard cherche plutôt à produire des briquettes sans fin.

Dans la machine Évrard, la course du piston est de $0^m,14$; mais cet espace, que la pâte ne remplit jamais complétement, se réduit, par la compression, à $0^m,03$.

Le diamètre varie, dans la plupart des machines, entre $0^m,11$ et $0^m,15$. Chaque appareil comprend 16 moules, disposés horizontalement sur un même plateau, suivant les rayons d'un cercle. Au centre, un arbre vertical communique le mouvement aux 16 pistons à l'aide d'un fort excentrique et d'un égal nombre de courtes bielles. Du malaxeur ordinaire, placé verticalement au-dessus, la pâte se rend, par des couloirs inclinés, sur une plate-forme mobile où des raclettes fixes la distribuent aux 16 moules. La partie antérieure des moules se compose de deux moitiés de cylindre, légèrement évasées ou coupées en biais, que l'on serre ensemble par un ressort à vis. Cette disposition permet de régler le degré de compression d'après la nature des charbons. Si le serrage est trop faible, la briquette est friable; s'il est trop fort, au lieu d'une briquette sans fin, on obtient une série de rondelles de $0^m,03$, comme à Halle. M. Gérondeau critique avec raison les frottements énormes qu'offre cette machine. Il montre que l'excentrique central de $0^m,15$ de diamètre, qui donne le mouvement aux 16 bielles, absorbe, avec le tourillon inférieur qui supporte la contre-pression, un travail sensiblement égal à celui qu'exige dans les moules la poussée du charbon. Aussi, par tonne et par heure, faut-il pour cet appareil une force de 6

à 7 chevaux, et cela en opérant avec de la pâte au brai gras.

Les machines Évrard, établies à la Chazotte et à la Grand'Combe, produisent 5 à 6 tonnes par heure. Mais avec un moteur suffisamment puissant, pouvant faire marcher chaque appareil compresseur à la vitesse de 30 coups de piston par minute, on peut arriver, comme ce fut le cas chez MM. Dehaynin à Charleroi, à une production de 10 tonnes par heure. Les briquettes Évrard sont fort estimées sur le chemin de fer de Lyon à la Méditerranée. Elles sont uniformément denses, parce que la compression ne se fait que sur 0^m,03 à la fois, et leur pouvoir calorifique est élevé, parce qu'elles sont préparées à la Chazotte avec une houille demi-grasse, bien lavée et riche en carbone.

La machine Évrard est de tous les appareils celui qui est le plus répandu en France, et qui, le premier, a permis, sur nos bassins houillers, la fabrication de briquettes régulières de faibles dimensions. A la Chazotte même, M. Évrard a installé quatre machines qui produisent ensemble 350 tonnes par jour, et pourraient en livrer 500 tonnes si la situation de la mine le permettait. Le même appareil se trouve établi à la Grand'Combe, Brassac, Épinac, Graissessac, etc., ainsi que sur quelques mines d'Allemagne et d'Espagne. MM. Dehaynin l'avaient également adoptée dans leur usine de Montigny-sur-Sambre, près Charleroi.

2° *Machine Moreau ou Devinck.* — La compression, basée sur le simple frottement de la matière contre les parois d'un tube ouvert, a donné lieu à divers autres appareils, mais qui ne peuvent être utilement employés dès que la pâte est un peu ferme. On peut, tout au plus, s'en servir pour le charbon de Paris préparé au goudron brut. Telle est la machine pour laquelle M. Moreau s'est fait breveter en 1846. C'est, du reste, une imitation de celle dont se sert M. Devinck pour la préparation des baguettes de chocolat. Une vis ou hélice, légèrement conique, force la pâte, d'une façon

continue, au travers de la base étroite d'un tube cylindro-conique (Armengaud, tome IX, page 367).

Quatrième type. — Machines à briques creuses.

Un dernier type de machines à compression forme une sorte de transition entre les appareils à moules fermés et les appareils à moules ouverts : ce sont les machines à l'aide desquelles on fabrique les tuyaux de drainage, les briques creuses, les vermicelles, etc. On sait que ces machines se composent de moules cylindriques, dont le fond est percé de trous. Mais on voit immédiatement qu'une pâte molle et fine peut seule être forcée au travers de ces ouvertures, et que, par suite, un appareil à briques creuses ne peut être employé pour les agglomérés proprement dits. Un sieur Wurmser s'est néanmoins servi, pendant quelque temps, d'une machine de ce genre pour un combustible analogue au charbon de Paris. Son brevet est du 30 septembre 1842 (*).

Une machine peu différente fut essayée à Charleroi, mais sans résultats favorables, en suivant les prescriptions du brevet Bourriez. Il s'agissait d'obtenir des briquettes creuses, afin de favoriser la combustion (Mémoire de M. Franquoy, page 202).

Briquettes sans ciment.

Revenons maintenant aux briquettes sans ciment, dont la fabrication serait si avantageuse au point de vue du prix de revient et de la combustion sans fumée.

M. Évrard, de la Chazotte, a essayé d'agglomérer la houille menue à froid et par simple pression. A l'aide de sa machine à pistons, il a obtenu des agglomérés assez so-

(*) Publication industrielle d'Armengaud, tome IX, page 355.

lides, se délitant peu au feu et brûlant à peu près comme le gros charbon; mais ils ne résistent pas au transport, et devraient être préparés sur les lieux mêmes de leur consommation (*). En Angleterre, on s'est occupé de la même question; *Buckwell* a pris, le 8 octobre 1849, une patente pour agglomérer le menu charbon à froid et par simple pression, mais sans plus de succès. Les briquettes deviennent plus solides et même très-solides lorsqu'on opère à chaud sur des charbons gras, mais alors les frais augmentent à cause de la destruction rapide des appareils. Citons spécialement les essais tentés en Angleterre par M. Bessemer, et en France par M. Baroulier.

Système Bessemer.

La patente anglaise de M. Bessemer est du 11 octobre 1850. Son appareil est figuré et décrit par M. Jordan dans le *Bulletin de Saint-Étienne*, t. V. Le procédé consiste à chauffer la houille menue, jusqu'au ramollissement, dans un long réverbère, ou dans une longue cornue, et de l'amener ainsi ramollie, à l'appareil compresseur. Le charbon, traîné ou supporté par une chaîne sans fin, avance graduellement de l'extrémité la moins chaude du four jusqu'auprès de la chauffe, où il tombe dans une trémie et de là dans les moules. On fait ainsi parcourir à la houille, très-lentement et en nappe mince, 10 à 12 mètres de chemin, de façon à la chauffer peu à peu jusqu'au point où les matières volatiles commencent à se dégager.

Comme appareil compresseur, on pourrait employer l'un quelconque des systèmes dont nous venons de parler. Mais on a vu déjà que M. Bessemer a adopté le type des machines à pistons et moules ouverts, basées sur la résistance qu'oppose le frottement.

(*) *Bulletin de l'industrie minérale*, tome IV, page 261.

Le système de chauffage direct, imaginé par M. Bessemer, me paraît compliqué et d'un entretien coûteux ; il favorise la perte des éléments volatils et exige, par cela même, une proportion d'autant plus élevée de houille grasse et collante. Pour ramollir le charbon, il faudrait plutôt avoir recours à de la vapeur fortement surchauffée.

Système Baroulier.

Le brevet de M. Baroulier, en France, est du 24 août 1855 ; son système a fonctionné d'une façon satisfaisante à Grangeneuve, près de Saint-Étienne, pendant les années 1857 et 1858. A l'inverse de M. Bessemer, il comprime à froid, puis chauffe les briquettes dans les moules eux-mêmes, afin d'éviter leur déformation. Les moules sont des anneaux en fer plat, ouverts aux deux bouts. On les place sur un support fixe, sous une trémie, remplie de charbon menu; puis on opère la compression, soit à l'aide d'une sorte de marteau-pilon, soit au moyen d'une presse à levier ou à genouillère. Les moules, ainsi remplis, sont empilés les uns à côté des autres sur des waggonnets en fer, entre de fortes plaques en tôle, superposées horizontalement et bien serrées à l'aide de clavettes, afin que le charbon ne puisse, en foisonnant, sortir des moules sous l'action de la chaleur. Les waggonnets sont amenés dans de vastes étuves que l'on peut chauffer à volonté jusqu'à 200, 300 ou 400°, de façon à donner, au besoin, un produit à demi carbonisé. Ainsi chauffé, le menu se soude, et donne des agglomérés très-solides et d'un pouvoir calorifique élevé. Il faut, cependant, pour que la briquette ne s'égrène pas, que le charbon soit, par lui-même, à demi gras, ou intimement mêlé à 15 ou 20 p. 100 de charbon collant finement broyé. L'avantage de ce procédé, lorsqu'on le compare aux systèmes usités, tient à l'économie de 6 à 10 p. 100 de brai ; seulement cet avantage est en partie compensé par les frais de

chauffage et de réparation des étuves, et l'entretien assez élevé des nombreux moules et waggonnets en fer. Malgré cela, avec le prix croissant du brai, ce système me paraît offrir des avantages réels ; et si l'usine, montée par M. Baroulier, n'a pu se soutenir, il faut moins l'attribuer au système proprement dit qu'aux vices de l'appareil compresseur qui ne permettait pas une production suffisamment élevée et réclamait le concours d'un trop grand nombre de bras.

Depuis les essais de MM. Bessemer et Baroulier, d'autres inventeurs sont entrés dans la même voie. M. Rees s'est fait breveter en Angleterre pour un procédé peu différent de celui de M. Baroulier : compression à froid, puis chauffage des produits dans les moules eux-mêmes. En France, la compagnie houillère de Roche-la-Molière et Firminy (Loire) a pris, en 1859, un brevet pour des agglomérés sans ciment, produits à l'aide d'une machine Devinck, agissant sur de la houille, préalablement chauffée dans des tubes en fonte comme M. Bessemer ; et M. Loup, en 1861, associant la pression à la chaleur, propose de fouler le menu au travers d'un long tube chauffé, légèrement rétréci à son extrémité, de façon à donner immédiatement un boudin continu suffisamment solide.

De ces diverses tentatives, celle de M. Baroulier me paraît la plus sérieuse, et l'on y reviendra sans doute un jour. Il faut seulement modifier l'appareil compresseur, et préparer des briquettes de faibles dimensions, comme dans les usines à charbon de Paris, pour que, sans avoir recours à une température élevée, on puisse néanmoins, dans un temps relativement court, cuire les agglomérés jusqu'au centre. La houille conduisant mal la chaleur, on ne peut chauffer convenablement le noyau central des briquettes fortes, qu'en transformant la partie externe à peu près en coke.

Prix de revient des briquettes.

Le prix de revient des briquettes varie peu d'une usine à l'autre, parce que, en dehors de la valeur même du charbon, l'élément principal de ce prix, le brai consommé, reste à peu près constant dans toutes les méthodes. Selon la nature des houilles employées, il faut partout 7 à 8 p. 100 de brai gras ou 8 à 10 p. 100 de brai sec qui coûtent, selon les lieux, par tonne d'agglomérés :

	fr.		fr.
Le brai.	4.50	à	5,50
La main-d'œuvre.	0,80	à	1,30
Les frais généraux et l'entretien.	1,00	à	1,20
Total.	6,30	à	8,00

Le prix inférieur s'applique aux usines les mieux placées, pour se procurer facilement le brai qui vient principalement d'Angleterre; telles sont les fabriques du nord de la France et de la Belgique; tandis que le prix de revient dans les usines du midi et du centre de la France monte plutôt à 8 francs. On a constaté aussi que les frais de fabrication sont un peu plus élevés avec l'appareil Évrard qu'avec la grande machine Couillard-Mazeline. D'après cela, le prix de vente des briquettes dépassera en général, de 6f,50 à 9 francs, celui de la houille menue.

En Belgique, où le menu vaut 6 francs à 6f,50, les briquettes se vendent en fabrique 12f,50 à 13 francs; à Valenciennes et Anzin, 18 francs; à Paris, 25f,50 à 26 francs. A Dieppe, au Havre, à Caen, où l'on fabrique des agglomérés avec du menu de Cardiff, la compagnie de l'Ouest les paye 25f,40 à 26f 40; à Nantes et à Bordeaux 28 à 30 francs; à Saint-Étienne, où le menu lavé revient à 12 ou 13 francs, les agglomérés se vendent 20f,50 à 21f,50. A Brassac, Montchanin, la Grand'Combe, Graissessac et Blanzy, 18f,50 à 20 francs. Lorsque la houille en morceaux est pure et bien choisie, son prix de vente est, comme en Belgique, de

2 francs supérieur à celui des briquettes, ou à peu près le même, comme à Anzin ; dans le cas contraire, les briquettes sont plus chères que le pérat naturel ; c'est la raison pour laquelle la compagnie d'Orléans préfère les houilles en roche de l'Allier aux briquettes de la Loire ou du Nord.

La marine impériale paye :

	fr.		fr.
Dans la Loire, les agglomérés.	20,60	et la houille en roche,	18,00
A Graissessac.	20,00	. . . . . . *id*.	16,50
A Blanzy.	18,50	. . . . . . *id*.	14,43

Emploi des briquettes.

Les briquettes se partagent en France à peu près par égales portions entre les chemins de fer et la navigation. Le chauffage domestique et l'industrie ordinaire en consomment peu jusqu'à présent.

Nos six grandes lignes ont brûlé :

	tonnes de briquettes.
En 1861 :	215.854
En 1862	250.254
En 1863	283.440

En y ajoutant les chemins de fer particuliers de mines et d'usines, on trouve, pour 1862, 266.242 tonnes, et, pour 1863, environ 300.000 tonnes, dont 90.000 fournies par la Belgique et 20.000 par l'Angleterre. Nos diverses lignes en consomment du reste des quantités très-différentes.

Sur les chemins de Lyon, du Nord et de l'Ouest, la proportion des briquettes dépasse déjà de beaucoup celle du coke. Sur les trois autres lignes, le coke cède plutôt la place à la houille en roche, ou au tout-venant. Grâce aux appareils fumivores, le coke tend partout à disparaître sur nos voies ferrées.

	tonnes de briquettes.
Le chemin de Lyon, qui s'approvisionne surtout à Saint-Étienne et à Blanzy, a brûlé en 1863.	160.789
Le Nord (qui les tire de Belgique et d'Anzin).	53.418
La compagnie de l'Ouest.	39.024
La compagnie d'Orléans.	21.003
La compagnie du Midi.	7.843
La compagnie de l'Est.	1.363
Total.	283.440

La marine impériale consomme encore peu de briquettes; mais cet état de choses est sur le point de se modifier. En 1861 et 1862, les quantités sont insignifiantes et n'ont été brûlées qu'à titre d'essai. En 1863, on est arrivé à 10.000 tonnes. Pour 1864, les livraisons prévues vont de 14.000 tonnes au minimum à 24.000 tonnes au maximum. La marine à vapeur privée et la batellerie fluviatile en consomment beaucoup plus. On les préfère, depuis plusieurs années, à la houille en roche.

Les fabriques de Givors et de la Grand'Combe livrent la majeure partie de leurs produits aux bateaux à vapeur. Les avantages des briquettes sur le charbon en roche sont multiples : régularité de forme, dureté, cohésion, homogénéité de la masse, pouvoir calorifique élevé, faible proportion de cendres. Les inconvénients sont l'odeur et la fumée noire, dues aux éléments volatils du goudron.

Mais ces inconvénients tendent à disparaître, depuis la substitution du brai sec au brai gras, et la généralisation des appareils fumivores.

Examinons de plus près les qualités signalées :

La régularité de forme des agglomérés, procure sur l'arrimage, comparativement aux charbons en roche, une économie de près de 10 p. 100. Par mètre cube de soutes, la marine impériale loge 820 kilogrammes d'agglomérés d'Anzin.

La dureté et la cohésion sont considérables. Ainsi le déchet, dû au transport par chemins de fer et à leur con-

servation dans les magasins, n'est évalué, en moyenne, par la marine impériale et les diverses compagnies de chemins de fer, qu'à 1 ou 2 pour 100. Un séjour *trop prolongé* en tas et à l'air libre fait cependant perdre à la briquette, comme à la houille en roche, une partie de ses qualités.

La marine impériale apprécie la cohésion des houilles, en plaçant, dans un cylindre horizontal, mobile autour de son axe, et pourvu de cloisons partielles, 100 morceaux de charbon en roche du poids moyen de 500 grammes chacun. Après cinquante tours du cylindre, on passe toute la charge au crible ayant des mailles de 3 centimètres de côté, et l'on compare le poids des morceaux restants au poids primitif. En soumettant à cet essai le charbon de Cardiff, on trouve comme rapport des deux poids 0,42 à 0,47, et pour le charbon plus dur de Newcastle, 0,50 à 0,60; or, les agglomérés d'Anzin conduisent aussi à ce même chiffre de 0,50 à 0,60; tandis que le charbon en roche d'Anzin accuse seulement 0,35 à 0,40. Et l'on doit même observer que les briquettes entières sont nécessairement plus solides que les briquettes déjà concassées, seules soumises à l'essai. Les briquettes de la Chazotte (système Évrard) préparées au brai gras, sont un peu moins solides que les agglomérés au brai sec d'Anzin; toutefois leur tenacité est encore supérieure à celle des charbons ordinaires; sur la ligne de Lyon, on les préfère aux briquettes d'autres provenances.

La puissance calorifique des agglomérés est en général, fort élevée, parce qu'on les prépare surtout avec du menu anthraciteux (Charleroi, Cardiff, Anzin, Chazotte, la Grand'-Combe, etc.), et que ces menus, lavés avec soin, ne laissent que 6 à 8 p. 100 de cendres.

La marine impériale préfère les agglomérés d'Anzin à tous les charbons en roche français ou anglais.

Voici le résumé textuel du rapport des expériences faites

dans le port de Brest, en 1862, sous la direction de M. Delantel, ingénieur de la marine (page 304 dudit rapport).

« Parmi les charbons essayés, tous ceux en roche pèchent par « quelques côtés.

« Les deux *Anzin*, à côté d'une très-grande puissance de vaporisation, sont très-friables.

« Les deux *Blanzy* ont très-peu de puissance de vaporisation.

« Le *Bruay* (Pas-de-Calais) contient beaucoup de pyrites, qui, à « la longue, pourraient détériorer les barreaux de grilles.

« Le *Brassac*, à côté d'une faible puissance de vaporisation, « donne beaucoup de cendres.

« Le *Firminy* (puits Monterrat) nous paraît encore être celui qui « concilie le mieux toutes les conditions exigées pour la naviga- « tion. Mais *avant tout, nous croyons devoir recommander les* « *trois espèces de briquettes essayées* (cylindriques et rectangu- « laires d'Anzin au brai sec, et les briquettes Évrard de la Chazotte « au brai gras), et *surtout celles d'Anzin*. Ces dernières ont été ex- « périmentées à la mer, à bord des remorqueurs et ont fourni de « très-bons résultats. *Le charbon en briquettes nous paraît donc en* « *tous points préférable à toutes les espèces en roche essayées.* »

Et notons que, parmi ces charbons essayés, figurent aussi les charbons anglais de Cardiff et de Newcastle. Pour ce qui concerne spécialement le pouvoir calorifique, citons encore les chiffres suivants, extraits du même rapport. Comme type, on a pris le charbon Cardiff en roche qui, d'après une moyenne de plusieurs expériences (p. 238), vaporise en grand, dans une chaudière tubulaire, 8k,30 d'eau par kilogramme de houille. Or, rapportés à cette unité, les divers charbons ont donné (p. 301) :

Charbons à courte flamme ou lents.

Anzin en roche (puits Thiers).	1,053
Anzin, briquettes cylindriques.	1,025
Anzin, briquettes rectangulaires.	1,010
Cardiff.	1,0[illegible]
Chazotte, briquettes cylindriques.	0,981

Charbons gras moyennement ardents.

Firminy (puits Monterrat). 0,910
Brassac (puits d'Orléans). 0,8775

Charbons à longue flamme ou ardents.

Bruay (fosse n° 1). 0,873
Newcastle. 0,841
Blanzy (puits Saint-François et Cinq-Sous). 0,781
Blanzy (puits Saint-François et Sainte-Marie). . . . 0,760

Nous avons indiqué les quantités de cendres, tolérées dans les briquettes par les compagnies de chemins de fer. Mais outre les cendres, fixées par un essai en petit, il faut aussi considérer le mâchefer et les escarbilles, dont la proportion ne dépend pas exclusivement de celles des cendres.

Voici, à cet égard, les résultats obtenus à Brest, en prenant la moyenne des trois à six essais auxquels fut soumis, en 1862, chacun des charbons ci-après désignés :

DÉSIGNATION DES CHARBONS.	CENDRES et escarbilles.	MACHEFER.	TOTAL.
	Pour 100.	Pour 100.	Pour 100.
Cardiff, charbon en roche.	6,11	2,31	8,42
Newcastle . . . *id.*	3,55	1,62	5,17
Anzin. . . . . . . *id.*	5,70	2,50	8,20
Bruay. . . . . . *id.*	2,34	1,52	3,86
Firminy (puits Monterrat), charbon en roche.	3,88	4,15	8,03
Blanzy, charbon en roche.	4,02	5,22	9,24
Brassac. . . . . *id.*	11,83	4,67	16,50
Anzin (briquettes).	3,48	2,91	6,39
Chazotte (briquettes Évrard).	3,52	3,50	7,02

En comparant ces chiffres, on voit que si les charbons en roche de Bruay et de Newcastle sont plus purs que les

briquettes, celles-ci l'emportent par contre sur les Cardiff, Anzin, Blanzy, etc. En un mot, les briquettes, provenant de menus bien lavés, laissent en général, moins de résidus terreux que les charbons en roche, provenant des mêmes exploitations. Ces derniers ne sont plus purs que quand ils sont soumis à un triage exceptionnel, rarement appliqué. Comparées au coke, les briquettes, comme la houille crue, offrent nécessairement, pour le service des locomotives, un avantage marqué, à cause de la différence des prix. L'économie varie, selon les lieux, de 25 à 30 p. 100, et dans le centre de la France, où les houilles en roche de l'Allier et de l'Aveyron, sont fournies, rendues en waggon, au prix de 12 à 16 francs la tonne, l'avantage sur les cokes est de près de 50 p. 100. Mais, même en dehors de la question de prix, les briquettes l'emportent sur le coke, lorsqu'elles sont préparées avec du charbon à courte flamme et que les foyers sont disposés pour la houille crue.

Ainsi, sur le chemin de fer du Nord, avec des grilles bien disposées et suffisamment grandes, on brûle sensiblement moins de combustibles crus que de coke. Les houilles, en roche ou en briquettes, permettent de marcher avec une couche mince dans le foyer, ce qui rend la combustion complète; tandis qu'il faut accumuler le coke sur une plus grande épaisseur, d'où résulte du gaz oxyde de carbone qui s'échappe sans brûler.

Sur le chemin de fer de l'ouest, on a également constaté une légère supériorité des briquettes Cardiff sur le coke. Les compagnies d'Orléans et du Midi, estiment que les briquettes remplacent le coke poids pour poids. Par contre sur la ligne de Lyon, les briquettes ne développeraient que les 0,90 du travail accompli par le coke. Cette anomalie tient à la qualité inférieure d'une partie des briquettes consommées, celles qui proviennent de Montchanin, Blanzy, Epinac, etc.; et peut-être aussi à la disposition des foyers

qui n'ont pas encore été tous suffisamment agrandis comme sur le chemin du Nord.

Lorsque les briquettes ou les houilles crues renferment au-delà de 15 à 20 p. 100 d'éléments volatils, elles brûlent avec fumée, du moins quand le chauffeur ne charge pas avec soin. Un appareil fumivore devient alors nécessaire. Sur le chemin de Lyon on se sert spécialement de l'appareil Thierry; sur la ligne d'Orléans, de l'appareil Tembrinck. Mais ces appareils ne réduisent pas la consommation. Ce que l'on gagne, en brûlant les éléments combustibles, est perdu par l'admission d'un excès d'air.

Conclusion. — On peut conclure de ce qui précède :

1° Que les meilleurs charbons, pour de bonnes briquettes, sont les houilles friables, demi-grasses, à courte flamme et assez bien lavées pour ne laisser que 6 à 8 p. 100 de cendres.

2° Que les efforts des fabricants de briquettes devraient tendre, sinon à supprimer entièrement, au moins à réduire notablement, la proportion de ciment; que la suppression *totale* pourrait être réalisée par la méthode Baroulier, convenablement appliquée; et la suppression *partielle*, en chauffant et mélangeant mieux la pâte; ce qui pourrait se faire à l'aide de vapeur surchauffée et de longs malaxeurs horizontaux en tôle, à doubles parois.

3° Que la pression, dans les appareils compresseurs, doit s'élever, par centimètre carré, à 100 ou même 150 kilogrammètres, le chiffre supérieur s'appliquant aux charbons grenus et durs: que l'épaisseur des briquettes, dans le sens de la pression, doit être faible et proportionnée aux dimensions transversales; pour des agglomérés de 8 à 10 kilogrammètres, elle ne devrait pas dépasser $0^m,10$ à $0^m,12$.

4° Quant aux appareils compresseurs eux-mêmes, le plus convenable, pour les briquettes fortes et une fabrication importante, me paraît être la machine Revollier; tandis que pour les petites briquettes et une fabrication restreinte, on

peut avoir recours aux roues tangentielles de MM. David et Mazeline du Havre, qui exigent peu de force et sont relativement peu coûteuses à établir.

5° Enfin, que les briquettes, préparées au brai sec et avec des houilles bien lavées, demi-grasses, à courte flamme, l'emportent, par leur effet utile dans les locomotives, non-seulement sur la houille en roche d'égale provenance, mais encore sur le coke, lorsque les grilles des foyers sont suffisamment grandes. Ajoutons qu'à l'aide d'appareils convenables (Tembrinck ou Thierry) on peut brûler la fumée des briquettes, mais qu'il n'en résulte aucune économie appréciable.

Préparation des briquettes de tourbe et de lignites terreux.

Comme complément de la notice sur les agglomérés de houille, disons quelques mots des opérations auxquelles on soumet depuis quelques années la tourbe et les lignites terreux.

1° *Préparation de la tourbe.* — Les briquettes de tourbe, obtenues *directement*, par voie de découpage ou de moulage, sont peu denses et imprégnées d'eau. La dessiccation ou *torréfaction* en fours, telle qu'elle est pratiquée en Suède, accroît la densité, lorsque la tourbe n'est pas trop *mousseuse*; mais le procédé est long et court le risque de dépasser le but.

On a cherché à expulser l'eau par compression immédiate. Mais l'élasticité des briquettes obtenues au louchet et la nature même des fibres végétales rendent cette expulsion fort difficile. On a reconnu que, pour opérer facilement la compression, il fallait avant tout effiler, découper, déchirer la tourbe. En cet état, et après avoir subi une sorte de malaxage, non-seulement la masse est plus homogène, mais elle acquiert immédiatement, par le moulage, une densité plus grande et se dessèche alors aussi plus facile-

ment, soit en fours, soit par la simple exposition à l'air. Ainsi donc, la première opération à laquelle on soumet aujourd'hui généralement la tourbe, lorsqu'on veut accroître sa densité, est un malaxage énergique de toute la masse. On peut toutefois s'en passer dans le cas d'une tourbe légère à longues fibres peu décomposées. On peut alors, comme cela se fait à Neustadt dans le Hanovre, exploiter la tourbe au louchet et la sécher à la façon ordinaire, puis laminer les briquettes, à l'aide d'un manége, entre deux cylindres horizontaux de $0^m,45$ de diamètre. On réduit ainsi les briquettes en plaques irrégulières de $0^m,01$ d'épaisseur, dont la compacité est grande. Mais on conçoit que l'opération ne réussit qu'avec des tourbes filamenteuses et sèches, sans cela, au lieu de plaquettes, on n'obtiendrait qu'une pâte molle, ou de la tourbe en poudre.

Dans le cas ordinaire, on procède différemment, et l'on peut choisir entre deux méthodes, que l'on pourrait désigner sous le nom de voie *humide* et voie *sèche*. La première paraît avoir été d'abord appliquée par M. Challeton, à Montauger ; mais selon le docteur Percy (*), le principe de la méthode aurait été patenté en Angleterre dès 1857, au profit d'un sieur Linning. La seconde a pris naissance en Irlande, mais fut surtout perfectionnée et appliquée en Bavière par M. Exter.

Méthode par voie humide. La méthode par voie humide se compose de deux opérations : l'*effilage* ou *malaxage* et le *moulage*. Le malaxage se fait à peu près partout de même ; le moulage varie d'une usine à l'autre. Citons quelques exemples : à l'usine de *Losjöfors*, en Suède (**), la tourbe est amenée, avec un peu d'eau, dans un cylindre horizontal en tôle de $0^m,90$ de diamètre sur $2^m,50$ de longueur. Un arbre mobile le traverse dans toute sa longueur

(*) *Metallurgy*, 1861, vol. I, page 77.
(**) *Jahrbuch de Leoben*, par Tunner, 1860, page 95.

et porte normalement une série de couteaux. D'autres couteaux semblables sont boulonnés dans les intervalles sur la paroi interne du cylindre. L'arbre fait 20 à 25 tours par minute; et, tandis que la tourbe brute est chargée dans le cylindre par l'un des bouts, la pâte en sort d'une façon continue par l'autre, et passe de suite entre les mains des mouleurs, qui préparent les briques à la façon ordinaire. Le malaxeur exige une force de trois à quatre chevaux. Deux hommes et un gamin, au malaxeur, et deux hommes avec deux gamins, dans l'atelier de moulage, fournissent par jour 12.000 briques de $0^m,30$ sur $0^m,15$ et $0^m,10$. Le séchage se fait ensuite en plein air, puis en fours.

Aux usines de *Staltach*, en Bavière (*), et au marais tourbeux de *Teuffe en*, près du lac de Bienne, en Suisse, le malaxeur est vertical; il a $1^m,15$ de hauteur sur 0,65 de diamètre. La pâte est moulée dans un appareil à roues tangentielles; l'un des tambours porte des dents, l'autre des moules à fond mobile, pour opérer le démoulage à l'aide d'un excentrique. Le tout est construit en bois; une force de 12 chevaux suffit pour le malaxeur et les roues à moules. Observons, au reste, que le système en question est plutôt un appareil de simple moulage que de véritable compression. Rien ne paraît plus simple au premier abord, et rien n'est plus difficile en pratique, que d'expulser l'eau d'une *façon économique*, par voie de compression, lorsqu'il s'agit d'une pâte molle. Si l'on a des moules fermés, il faut, pour que l'eau puisse s'échapper, ou que le piston ne joigne pas exactement, ou que le fond soit criblé de trous: dans les deux cas, la pâte fuit avec l'eau au travers des jours. Le mieux est d'avoir un piston qui ferme exactement, et de placer au fond du moule une tôle en fer à petits trous, que l'on recouvre d'une natte ou toile pour retenir la pâte. Mais

(*) *Torfverwerthungen in Europa*, par le docteur Dullo, 1861, page 5.

alors les pores de la toile s'obstruent rapidement; ou bien, lorsqu'elle est grossière, les parties fines de la pâte fuient encore avec l'eau. On voit donc que le moulage mécanique ne dispense pas de la dessiccation ultérieure, et qu'il est fort difficile d'obtenir, par voie de *simple compression*, des briquettes denses et privées d'eau. On peut même dire que, jusqu'à présent, le problème n'a pas reçu de solution satisfaisante.

C'est pour échapper à la difficulté que je viens de signaler que M. Challeton a substitué, à Montauger, au moulage proprement dit un mode d'opérer qui est basé sur le départ de l'eau par infiltration lente (*)

La tourbe est découpée et malaxée, comme dans les usines dont nous venons de parler, mais en outre délayée dans un excès d'eau, de façon à produire, non une pâte épaisse, mais plutôt une bouillie fluide que l'on fait couler au travers d'un crible destiné à retenir les pierres, coquillages, racines et joncs non décomposés. La bouillie tourbeuse se rend dans des fosses ou bassins de 0m,30 de profondeur, d'où l'eau clarifiée s'écoule par filtration au travers de nattes en joncs, placées sur un fond en bois percé de trous, ou sur un lit de galets étendus horizontalement sur une voûte à jour. Au bout de deux à trois semaines, ou de quatre à cinq si l'été est humide, la pâte, devenue ferme par infiltration d'abord, par évaporation spontanée ensuite, est découpée sur place en briquettes, que l'on soumet enfin à la dessiccation ordinaire. On obtient ainsi un combustible qui retient encore, comme les tourbes extraites au louchet, 15 à 20 p. 100 d'eau, mais dont la dureté et la densité sont beaucoup plus grandes. Celle-ci augmente, comme à Staltach, dans le rapport de 1 à 3 ou 4. Les défauts de la

(*) *Bulletin de la Société d'encouragement*. 1858, page 150. La méthode Challeton est aussi appliquée au pont de Thièle, près de Neufchâtel, en Suisse.

méthode sont sa lenteur, le vaste emplacement qu'elle exige, l'obstruction très-prompte des nattes et la main-d'œuvre trop forte. Le moulage mécanique me paraît encore préférable.

M. l'ingénieur Schmitz, de Paris, s'est proposé d'*épurer* les tourbes, en modifiant légèrement la méthode Challeton (*). La bouillie, provenant du malaxeur, se rend dans une première fosse à fond *imperméable*, où, par un repos de quelques instants, on se débarrasse des matières terreuses les plus grossières (le sable), tandis que l'élément combustible, demeuré en suspension, est enlevé par décantation, puis conduit dans une deuxième fosse à fond *perméable* et couvert de nattes, où l'eau est soutirée par voie de filtration. La pâte est ensuite divisée et séchée comme à Montauger. Cette méthode d'épuration accroît les frais et ne s'applique qu'aux tourbes à cendres sableuses, tandis que généralement elles sont plutôt argileuses. Les combustibles n'ont pas encore acquis une valeur suffisamment élevée pour que ce mode d'épuration soit financièrement pratique. Quant à présent, il vaut mieux se borner aux tourbes tenant 8 à 10 p. 100 de cendres que de chercher à épurer celles qui sont plus terreuses.

Les frais de préparation, non compris l'extraction, sont à Montauger d'environ 7f,50 par tonne de briquettes séchées à l'air, ou 11 à 12 francs pour l'ensemble des frais. En Allemagne et en Suisse on compte environ 10 francs comme prix de revient total.

Méthode par voie sèche*, ou *méthode Exter (**). — La méthode par voie sèche exige, pour être appliquée, un marais tourbeux complétement uni, assez élevé pour être facilement asséché, et, autant que possible, dépouillé de racines dures et de troncs. Ces conditions sont réalisées à la grande

(*) *Bulletin de la Société d'encouragement*, année 1860, page 161.
(**) Mémoire déjà cité du docteur Dullo, page 23.

tourbière du Haspelmoor, en Bavière, entre Augsbourg et Münich. La même méthode est également appliquée à Aibling, dans la haute Bavière, et auprès de Fribourg, en Suisse. Les tourbes du Haspelmoor sont spécialement exploitées pour le service des chemins de fer bavarois.

Le marais est d'abord sillonné de tranchées profondes pour en opérer le desséchement ; ensuite on enlève avec soin les arbres, souches, bruyères, puis la terre végétale qui couvre le banc tourbeux. Après cela, à l'aide d'une sorte de charrue à couteaux horizontaux, on rase la tourbe par tranches d'un demi-centimètre d'épaisseur, ce qui la pulvérise presque immédiatement et en facilite la dessiccation. La charrue est attelée, sur le Haspelmoor, à un câble sans fin mis en mouvement par une locomobile. Des femmes, en retournant fréquemment, au moyen de râteaux, la tourbe découpée, en hâtent encore plus la dessiccation. Dès qu'elle est suffisamment sèche, on l'enlève, et la charrue attaque une nouvelle tranche. La tourbe pulvérulente est amenée par chemin de fer à l'usine de compression ; on la jette au travers d'une claie pour retenir les racines et autres corps étrangers ; une chaîne à godets la monte à l'étage supérieur, où elle tombe dans un trommel à toile métallique pour la cribler une deuxième fois. Tous les débris qui ne passent pas au travers des mailles sont brûlés sous les chaudières à vapeur pour les besoins de l'usine. La masse en poudre tombe dans un séchoir mécanique, qui se compose essentiellement d'auges en tôle à doubles parois, où circule la vapeur d'échappement de la machine motrice et les gaz brûlés des foyers : des vis sans fin font progressivement avancer la tourbe en sens inverse des gaz.

En une heure, elle est ramenée à ne plus tenir que 10 à 12 p. 100 d'eau et se trouve chauffée en moyenne à 40 degrés. En cet état, la farine combustible arrive à l'appareil compresseur, qui se compose ici, comme la machine Évrard, de cylindres à pistons et moules ouverts. On obtient des pla-

quettes pesant 4 à 500 grammes et mesurant 0m,18 sur 0m,08 et 0m,05 d'épaisseur. Chaque presse se compose d'un seul piston, mu par excentrique et donnant par minute 40 à 45 plaquettes. Avec trois presses, de la force de 10 chevaux chacune, on prépare 50 tonnes en travaillant 20 heures par jour. Le travail sur le marais ne dure que quatre mois par an; mais la farine emmagasinée est comprimée hiver et été. La densité des briquettes, lorsque la tourbe est pure, varie entre 1,20 et 1,30. Elles sont fort peu hygrométriques et se conservent bien à l'air. A l'extérieur, elles sont noires et luisantes; à l'intérieur, brun foncé et à structure schisteuse. Leur ténacité est grande; mais si, par une dessiccation plus avancée, l'on ramenait la proportion d'eau à 7 ou 8 p. 100, elles tendraient à s'égrener. On voit donc que l'eau sert ici en quelque sorte de ciment. Les briquettes, à 9 ou 10 p. 100 de cendres, pèsent 90 kilogrammes l'hectolitre, et, dans les locomotives, on compte sur 125 à 140 kilogrammes pour remplacer 100 kilogrammes de houille ordinaire.

On obtiendrait sans doute un combustible plus voisin encore de la houille si, après avoir séché plus complétement la tourbe, on substituait à l'eau, comme ciment, une faible proportion de goudron légèrement cuit, ainsi que le proposait, il y a vingt ans environ, l'Anglais Wylam (*).

Au Haspelmoor, l'exploitation du marais coûte 3f,25 à 3f,50 par tonne, et le travail de l'usine 8f,25 à 8f,40; soit un prix de revient total par tonne de 11f,50 à 11f,90. C'est plus que par la méthode par voie humide; mais aussi les briquettes sont plus denses et contiennent moins d'eau. Elles sont donc plus propres à être transportées au loin, et développent plus de chaleur à poids égal.

2° *Moulage et compression des lignites terreux.* — Les lignites terreux, très-abondants en Allemagne, surtout aux

(*) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1844.

environs de Halle, peuvent être agglomérés à la façon de la tourbe. On peut appliquer aussi les deux méthodes.

On peut préparer dans un malaxeur, ou broyeur à auge, une pâte ferme, en ajoutant au lignite un peu d'eau (*) ; puis on moule cette pâte, soit à la main, soit au moyen de *la roue* tangentielle (système *Mi'ch*), que nous avons fait connaître, et qui agit, de même que pour les tourbes, plutôt comme appareil de moulage que comme appareil compresseur. Aussi les briquettes ainsi préparées n'ont-elles qu'une densité de 0,80. Elles s'égrènent d'ailleurs facilement et doivent, de plus, être séchées à l'air ou dans des étuves.

Par ce motif, on préfère à Halle le système *Exter* : on traite les lignites terreux exactement comme la tourbe farineuse du Haspelmoor. L'opération est même plus facile parce que, en général, les lignites terreux sont naturellement moins humides que la farine de tourbe. Les plaquettes, *ainsi* préparées, ont le même aspect que celles du Haspelmoor et, à pureté égale, produisent le même effet. Ce mode d'agglomération coûte, à Halle, environ 7 francs par tonne, c'est-à-dire autant que la préparation des briquettes de houille à 8 p. 100 de brai; mais, il me semble, qu'en se servant d'appareils sécheurs et compresseurs mieux disposés, on devrait pouvoir ramener aisément ces frais à 5 francs environ.

Observons en terminant que la méthode par voie sèche n'est, au fond, autre que celle que MM. Bessemer et Baroulier ont cherché à appliquer à la houille; seulement l'opération est ici plus facile, à cause de l'état farineux de la masse qui permet à l'eau de faire fonction de ciment, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on opère sur un combustible à *fragments* durs et anguleux comme la houille.

(*) *Bergwerksfreund*, 1860, page 3.

NOTICE

SUR UN LAVOIR A MINE PORTATIF, DE M. DUFOURNEL.

Par M. E. DORMOY, ingénieur des mines.

Le minerai de fer exploité dans le département de la Haute-Saône, et principalement dans les arrondissements de Gray et de Vesoul, est le minerai pisiforme, qui se présente soit en place, dans son propre terrain, soit après remaniement, dans le terrain diluvien.

Le terrain du minerai de fer pisiforme, décrit en détail dans l'ouvrage de M. Thirria, sur la géologie du département, repose généralement sur les calcaires du troisième étage du terrain jurassique; « il se compose de couches al-« ternantes de sable, d'un conglomérat calcaire et d'argile, « avec amas de minerai.—L'argile est onctueuse au toucher « et quelquefois sablonneuse; elle ne fait pas effervescence « avec les acides; elle prend de la ductilité avec l'eau, et « devient alors susceptible de se laisser mouler; aussi l'em-« ploie-t-on pour la fabrication de la poterie dans plusieurs « communes de l'arrondissement de Gray. Celle au milieu « de laquelle se trouvent les gîtes de minerai de fer est tou-« jours plus ou moins ferrugineuse. »

« Le minerai de fer pisiforme se compose de grains sphé-« roïdaux de fer hydroxydé, ayant au plus la grosseur d'un « pois, et formés de couches concentriques bien distinctes; « ces grains sont presque toujours isolés et indépendants les « uns des autres.— Quand ils sont agglutinés, ce qui arrive « rarement, ils se présentent au milieu du minerai pisiforme, « en masses peu volumineuses, que les ouvriers nomment

« *greluches;* et le ciment qui les unit est un calcaire ferru-
« gineux. »

« Ce minerai est souvent accompagné d'un petit nombre
« de nodules géodiques et de plaquettes tuberculeuses de
« fer hydroxydé; il est quelquefois entremêlé de sable fin
« siliceux, et de fragments provenant de ses propres grains
« fracturés. »

« Les divers minerais sont accompagnés de trois à huit
« fois leur volume d'argile ocreuse, dont le lavage doit les
« dépouiller. »

« Le minerai remanié se trouve en amas ou en nids dans
« l'argile diluvienne; sa nature est la même. Il est disséminé
« dans une argile ocreuse, souvent sablonneuse et quelque-
« fois un peu grasse, dont le volume est de cinq à quinze fois
« plus considérable que celui du minerai (*). »

La séparation du minerai d'avec sa gangue argileuse se fait dans des lavoirs à bras, des lavoirs à cheval, ou des patouillets.

M. Dufournel, maître de forges à Gray, a imaginé et emploie depuis quelques années un lavoir portatif d'un système nouveau, qui a donné de très-bons résultats, et que nous allons décrire.

Le système de lavage est fondé sur ce principe ingénieux que l'eau propre entre dans l'appareil par la même extrémité d'où sort le minerai complétement lavé, et qu'elle en sort du côté où y est jeté le minerai encore brut: l'eau et le minerai circulent donc constamment dans l'appareil en sens contraire l'un de l'autre. Ainsi l'eau la plus claire est toujours en contact avec le minerai le plus propre, contrairement à ce qui a lieu dans les lavages ordinaires; et cette disposition, éminemment convenable pour assurer un parfait lavage, se présente à l'esprit avec un tel caractère d'ex-

---

(*) Tout ce qui est entre les guillemets est extrait de divers passages de l'ouvrage de M. Thirria.

cellence et de simplicité, qu'il y a lieu de s'étonner qu'elle n'ait pas été depuis longtemps appliquée dans des appareils plus ou moins variés, au lavage des substances minérales de toute espèce. Toutefois, plus la matière à laver est précieuse, et moins l'application d'une méthode fondée sur ce principe aurait d'importance relative; car, lorsqu'il s'agit de minerais précieux, il n'importe pas tant de les débarrasser complétement de leur gangue que de n'en perdre aucune parcelle, tandis que pour les minerais communs, l'élimination complète des gangues terreuses est le seul but du lavage; ainsi le principe en question s'adapte merveilleusement au lavage des minerais de fer. Voici maintenant comment il est mis en pratique dans l'appareil de M. Dufournel.

Cet appareil, représenté Pl. IV, *fig.* 1, 2, 3, 4, se compose essentiellement d'une huche ayant la forme d'un demi cylindre légèrement conique à axe presque horizontal, et de divers agitateurs. La figure 1 en donne une coupe horizontale. La huche IJKL est en fonte ou en tôle, suivant qu'il s'agit de grandes ou de petites dimensions; elle est composée de plusieurs pièces à rebords LKNP, NPME, etc., qui s'assemblent entre elles au moyen de boulons O; l'appareil, ainsi assemblé, se pose sur des longuerines réunies par des éparts, et se fixe à ces longuerines par des tire-fonds; on lui donne une pente générale de quelques centimètres par mètre vers le grand côté KL. Le minerai brut est jeté à la pelle dans la huche, près de l'extrémité KL; lorsqu'il arrive tout lavé à l'extrémité opposée, il tombe dans une auge IJST, où il est saisi par une roue à godets *g*, *g* (*fig.* 1 et 4), qui l'élève et le laisse ensuite retomber au dehors, au moyen d'un plan incliné indépendant de l'appareil.

L'eau claire est amenée dans l'auge par un tuyau *xy* qui traverse le fond vertical ST. Elle doit s'élever assez dans cette auge pour couler de là dans la huche (*fig.* 4); elle descend la pente de celle-ci et sort saturée de terre par

des orifices *u*, *u*, qui sont percés dans le fond KL à une certaine hauteur seulement.

Ainsi l'eau et le minerai sont en contact à l'état de deux courants opposés, qui se pénètrent et se traversent pour ainsi dire molécule à molécule sur un parcours aussi long qu'il le faut pour que, le minerai sortant parfaitement lavé à l'une des extrémités de ce parcours, l'eau sorte au contraire à l'autre extrémité aussi chargée de terre que possible.

Voici quelle est la marche de l'opération de l'une à l'autre extrémité de l'appareil.

Le minerai subit une première préparation, sur une distance de 2 mètres environ, dans la partie de la huche où il est versé, c'est-à-dire de LK en NP. Cette partie présente ici la forme d'un demi-cylindre creux ; elle pourrait avoir une forme légèrement conique comme la partie suivante NPME : cette différence est sans importance notable.

Un arbre tournant horizontal RR est installé au-dessus de la huche, dont il occupe l'axe. Dans la première partie LKNP se trouvent disposées autour de lui, suivant deux courbes en hélice, deux séries d'agitateurs *d*, *d'*, *d''*.... *e*, *é*, *e''*.... (*fig.* 1, 2 et 3) qui tournent avec lui, et agissent dans le fond de la huche dans un sens perpendiculaire à son axe. Ces agitateurs, que l'inventeur nomme *charrues*, ont en effet la forme de socs de charrue, ainsi que l'indique la *fig.* 2 ; ils sont en fonte ; chacun d'eux est coulé d'un seul morceau et se termine par un demi-anneau *ii* qui s'emboîte sur l'arbre, et y est fixé plus ou moins solidement au moyen de la contre-partie d'anneau *cc* et de boulons et écrous. Il ne faut pas que ces anneaux soient fixés trop fortement sur l'arbre ; ils ne doivent y adhérer qu'avec un frottement suffisant pour le travail ordinaire ; chaque charrue conserve ainsi la faculté de tourner au lieu de rompre, si par hasard une pierre ou un obstacle trop résistant venait à s'inter-

poser entre son soc et la huche. Malgré cette précaution, il y a quelquefois des charrues qui se brisent; mais comme elles sont toutes du même modèle et que leur assemblage est très-simple, elles se remplacent avec grande facilité.

La série des charrues *d*, *d'*, *d''*..... est disposée suivant une hélice qui fait à peu près le demi-tour de l'arbre; les charrues *e*, *e'*, *e''*..... le sont suivant une autre hélice semblable, mais tournant en sens contraire, et elles ont aussi leurs socs disposés en sens contraire des autres; de plus, les charrues de la première série alternent sur l'arbre avec celles de la seconde, c'est-à-dire que la charrue *e* vient immédiatement après la charrue *d*, *e'* après *d'*, et ainsi de suite. Il résulte de cette disposition que, pendant le mouvement de rotation de l'arbre, l'une des séries tend sans cesse à éloigner le minerai de son point de départ, tandis que l'autre tend constamment à l'y ramener; et c'est ainsi que, continuellement renvoyés d'une hélice à l'autre, d'une charrue à la charrue voisine, ses points de contact avec l'eau sont infiniment multipliés, point capital pour le lavage. Ils le sont d'autant plus, qu'il n'y a pas deux charrues qui travaillent sur le même point dans la huche, et qu'en même temps leurs socs étant tournés en sens contraire et leur espacement bien moindre que deux fois la largeur des socs, le sillon qui vient d'être formé par une charrue est aussitôt refondu et dérangé par le passage de la suivante.

Lorsqu'on a accumulé le minerai en quantité suffisante dans cette première partie de l'appareil, et lorsqu'il y est assez délayé pour commencer à s'étendre naturellement au delà de la ligne NP, et à sortir ainsi de la zone d'action des deux séries de charrues dont il vient d'être parlé, deux nouvelles séries de charrues *v*, *v'*, etc., *t*, *t'*, etc., disposées comme les précédentes en hélice, mais cette fois dans le même sens l'une et l'autre, le saisissent et le font cheminer en remontant la partie conique NPEM de la huche.

Ces deux dernières séries de charrues se terminent en ME; au delà de cette ligne, la huche présente sur une certaine longueur, de ME en HD, la forme d'un demi-cône renversé, c'est-à-dire dont la pente est opposée à la pente de la partie qui précède. Le minerai, arrivant en ME déjà très-délayé et en partie lavé, continue d'avancer dans le même sens par l'effet de son propre poids aidé de cette pente, et se dirige vers une grille à barreaux verticaux qui est placée en travers de la huche et sur toute sa hauteur (HD, *fig.* 1; ABF, *fig.* 3). Les barreaux de cette grille sont espacés de manière à laisser passer les fragments qui n'excèdent pas une certaine grosseur; mais les fragments plus gros, les pierres, les pelotes de terre à mine qui se forment dans beaucoup de lavages, et les grappes de minerai agglomérés avec une gangue résistante, sont au contraire arrêtés par la grille. Là, ils sont saisis par les dents *b*, *b*, d'une griffe en fonte assemblée sur l'arbre et qui tourne avec lui; ils sont soulevés par ce mouvement de rotation, puis enfin rejetés au dehors par le croisement des dents de cette griffe avec les dents d'une griffe fixe *r*, *r*, placée sur le bord de la huche. A cet effet, les dents de la griffe tournante présentent vers leur extrémité et sur la face d'avant une certaine courbure *bbb* (*fig.* 3) formant un creux; pendant que le minerai passe librement dans les intervalles vides des griffes, les matières à éliminer se logent au contraire dans ce creux, et s'y maintiennent jusqu'à la rencontre des dents de la griffe fixe (*fig.* 3). Celles-ci sont penchées vers l'axe de la huche, de manière que leur croisement avec les dents de la griffe tournante a lieu un peu avant que ces dernières ne soient parvenues à la position verticale, qui permettrait aux matières de retomber dans la huche: une fois le croisement opéré, cela n'est plus possible; ces matières glissent naturellement sur le dos des dents de la griffe fixe, et tombent hors de la huche. Cette partie de l'appareil est encore très-ingénieuse et fonctionne d'une

manière parfaite. L'espacement entre les griffes doit être égal à l'espacement entre les barreaux de la grille, afin que toutes les matières qui ne traversent pas la grille subissent l'action qui les rejette hors de la huche.

Une palette en fer *p* (*fig.* 1 et 3), fixée à l'arbre tout près de la grille, a pour objet de désobstruer de temps en temps le passage du minerai.

De l'autre côté de la grille se trouvent deux hélices, fixées à l'arbre tournant, et disposées dans le même sens que les deux précédentes. Elles sont formées de barres de fer *m n l p*, *m' n' l' p'* (*fig.* 1) qui sont attachées à l'arbre par des bras en fer, et qui, dans le mouvement de rotation, viennent toujours raser le fond de la huche. Ces bras, vers leur point de jonction avec les barres, sont reliés entre eux par des baguettes de gros fil de fer, et forment ainsi un grillage, qui constitue une surface hélicoïdale, large de 10 à 15 centimètres.

Aussitôt que le minerai a traversé la grille, il est saisi par ces hélices, qui le font cheminer en remontant jusqu'à l'extrémité IJ; là il tombe dans l'auge, où la roue à godets (*fig.* 5) le saisit pour le rejeter au dehors.

L'opération est continue; et, pendant que le chargement du minerai brut se fait à la tête de l'appareil, il sort sans cesse, par l'extrémité, du minerai parfaitement lavé. Quant à l'eau qui a servi au lavage, elle sort par la tête de l'appareil, et tombe dans une rigole en fer-blanc, L K L' K', placée entre le fond antérieur LK et la face intérieure *nn'* du porte-arbre *m n m' n'* (*fig.* 1). Ce porte-arbre est coulé d'une seule pièce avec le fond antérieur; c'est par le bas qu'il fait corps avec lui, et il se recourbe ensuite en remontant, et s'en sépare pour donner place à la rigole. L'eau peut être au besoin saturée de terre, c'est-à-dire amenée à l'état de boue, en ne conservant que la fluidité nécessaire pour pouvoir s'écouler par les orifices de sortie et se rendre de là dans les récipients.

L'arbre du lavoir doit tourner très-lentement (environ dix tours par minute) ; les lavoirs de la Haute-Saône portent généralement une poulie et un pignon sur un petit palier fixé sur les longuerines prolongées ; le pignon s'engrène avec une roue dentée, placée à l'extrémité de l'arbre laveur ; le mouvement est donné par une locomobile à vapeur.

Les avantages que réalise cet appareil de lavage peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

Le minerai, à sa sortie, est complétement lavé, ce qui tient à ce que l'eau la plus claire est toujours en contact avec le minerai le plus propre. Les griffes expulsent aussi continuellement, au fur et à mesure de leur formation, les pelotes de terre à mine, qui apparaissent dans tous les lavages, et qui, dans les appareils ordinaires, persistent jusqu'à la fin de l'opération en salissant toujours un peu le minerai par leur contact. Ce travail des griffes, qui est si nécessaire pour les minerais d'alluvion de la Haute-Saône, pourrait devenir superflu si l'on avait à laver des minerais d'une autre nature ; on supprimerait alors les griffes et la grille, et on laisserait subsister les charrues d'un bout à l'autre de la huche.

L'appareil n'est jamais chargé à la fois que d'une faible quantité de minerai, et l'on doit avoir soin que cette quantité soit toujours la même, afin que le travail du moteur reste parfaitement régulier.

Lorsqu'on ne dispose que d'une faible quantité d'eau pour le lavage, il faut tirer de l'eau tout le parti possible, en ne l'abandonnant que saturée de terre ; or l'appareil de M. Dufournel permet d'en réduire la consommation au strict minimum, puisqu'on peut la faire sortir aussi saturée de terre qu'elle peut l'être pour conserver la faculté de s'écouler. Il n'en est pas de même dans les autres lavages, où l'eau doit, vers la fin de l'opération, sortir propre afin que le minerai soit propre lui-même. — Ainsi l'on est arrivé

ici à absorber 1 mètre cube de terres avec 2 mètres cubes d'eau seulement.

L'appareil se prête parfaitement aussi au cas où l'on ne peut disposer pour le dépôt des boues que de terrains peu étendus. En effet, une fois assemblé sur ses longuerines, il se pose simplement sur le sol, sans qu'il soit nécessaire de faire aucune construction pour l'assujettir; et comme il peut être mis en mouvement au moyen de courroies, il en résulte qu'on peut l'élever à volonté : il suffit pour cela de le soulever avec des leviers et de glisser en dessous des pierres ou des chantiers de bois. On peut donc aussi accumuler les dépôts de boues à une grande hauteur, sans changer l'emplacement de l'appareil. — Les eaux boueuses n'ont pas à se répandre au loin pour le dépôt : ce dépôt se fait de suite; il ne s'écoule des récipients ni eau trouble ni eau claire, l'eau qui vient à surnager étant en quantité si peu considérable qu'elle s'absorbe ou s'évapore promptement. De cette facilité de se prêter au cas où l'on ne dispose que de faibles quantités d'eau et de terrains peu étendus, il résulte que l'appareil de M. Dufournel est merveilleusement disposé pour fonctionner comme lavoir portatif. — Cela n'empêche pas, bien entendu, toutes les fois que l'on a à sa disposition beaucoup d'eau et de vastes récipients, d'effectuer le lavage à grande eau, toujours plus avantageux.

La continuité du lavage permet de réaliser une grande économie de travail moteur : avec une force de trois à quatre chevaux, on peut laver en douze heures 25 mètres cubes de minerai brut, donnant, suivant son degré de richesse, de 6 à 16 mètres cubes de minerai clair, c'est-à-dire lavé.

La huche se démonte et se remonte facilement; il est donc possible de multiplier les établissements et de les rapprocher des extractions de minerais sans augmentation de matériel. Les lavoirs d'un petit modèle, dont la huche est en

tôle, se placent même à demeure sur un chariot, et peuvent être encore plus facilement transportés d'un lieu à un autre.

La quantité de minerai qui s'écrase dans les opérations de lavage ne peut qu'augmenter avec la durée de l'opération. — Dans les patouillets ordinaires, il y a certainement déjà, au bout d'un quart d'heure, une certaine portion de minerai qui serait lavé si l'on pouvait l'isoler, mais qui reste encore soumise à l'action des barreaux pendant un temps considérable, en attendant que toute la charge soit également lavée. — Ici, au contraire, chaque poignée de mine sort dès qu'elle est lavée, et la sortie se fait continuellement. Il ne faut au minerai qu'un quart d'heure environ pour accomplir tout son trajet d'un bout à l'autre de la huche. Sous ce rapport donc, il échappe autant que possible à l'écrasement, et la forme même des socs de charrue contribue puissamment à ce résultat : la charrue est en effet l'instrument qui, avec le moindre effort, divise le plus efficacement la terre; c'est aussi celui qui divise le mieux le minerai et qui multiplie le plus ses points de contact avec l'eau.

Il y a jusqu'à présent quatre lavoirs à mines du système Dufournel, qui fonctionnent dans le département de la Haute-Saône, à Bouhans, Oyrières, Renaucourt et Montseugny.

NOTE

SUR L'ÉCARTEMENT DES ALIMENTATIONS SUR LES CHEMINS DE FER.

Par M. W. NORDLING, ingénieur en chef de la voie
du réseau central de la compagnie d'Orléans.

L'ensemble des travaux qui constituent une alimentation intermédiaire peut être évalué en nombre rond à 50.000 fr.

Voici, par exemple, le prix de revient de l'alimentation de Lunery (Bourges-Montluçon), placée dans des conditions relativement faciles au bord du Cher :

			fr.
Acquisition de terrain			400
Prise d'eau	Machine à vapeur de 4 chevaux	7.150 fr.	16.300
	Bâtiment et accessoires	9.150 fr.	
Conduite d'aspiration et de refoulement de $0^m,108$ sur 160^m à $9^f,10$			1.456
Château d'eau	Réservoir en tôle à fond sphérique de 100 mètres cubes	5.950 fr.	14.140
	Bâtiment	8.190 fr.	
Conduite de distribution de $0^m,135$ sur 185 mètres à $12^f,10$			2.238
Deux grues hydrauliques à 1.825 francs l'une			3.650
Deux fosses à piquer avec aqueducs et fondations des grues			4.476
Prix total de l'alimentation de Lunery			42.660

Mais souvent la dépense est notablement plus élevée. Ainsi à Tronget (Moulins-Montluçon), elle a atteint le chiffre de 65.000 francs qui se décompose comme suit :

	fr.
Mêmes travaux qu'à Lunery	46.000
Acquisition d'un étang	11.000
Supplément de conduite de refoulement de 870 mètres à 9f,20	8.000
Prix total de l'alimentation de Tronget	65.000

Ainsi, suivant que les alimentations sont écartées de 20 ou de 30 kilomètres, leur dépense d'établissement par kilomètre peut varier de 1.500 à 2.500 francs. Il y a donc pour le service de la construction un certain intérêt économique à ne pas les prodiguer. De leur côté, les services de la traction et de l'exploitation ne sont pas moins intéressés à ce que les emplacements les plus utiles soient choisis.

Sur les lignes non accidentées, on peut se borner à échelonner les alimentations de 25 à 30 kilomètres. Mais quand les déclivités atteignent 10,15 ou même 20 millimètres, comme sur beaucoup de nouvelles lignes, l'insuffisance de cette règle devient manifeste et il faut recourir à une formule plus compliquée.

Si la vitesse de marche était la même sur tout le parcours d'une ligne, la consommation d'eau serait sensiblement proportionnelle au travail mécanique effectué par la machine. Or le travail effectué sur chaque point de la ligne est proportionnel à la déclivité de la voie, augmentée du coefficient du frottement. On sait que ce dernier est d'environ 0,0035 en ligne droite, si bien qu'un train descendant une pente de 3 à 4 millimètres par mètre conserve sa vitesse sans le secours de la vapeur, par le seul effet de la gravité. Pour une vitesse constante et en ligne droite, la consommation d'eau sur une rampe i d'une longueur l sera donc proportionnelle à :

$$(i + 0,0035)\,l,$$

et en désignant par ρ la plus forte rampe que le train rencontre sur son parcours, et par λ la longueur qu'il a à par-

courir sur cette rampe maxima pour consommer la même quantité d'eau que dans le parcours l en rampe i, on aurait :

$$\lambda = \frac{i + 0,0035}{\rho + 0,0035} l.$$

Quelle correction cette formule a-t-elle à subir en raison des courbes, des variations de vitesse, du vent?

Si les courbes étaient uniformément réparties, elles se traduiraient par une augmentation de la constante 0,0035; mais comme elles sont généralement accumulées sur les fortes déclivités, cette circonstance atténue leur influence sur le rapport $\frac{i + 0,0035}{\rho + 0,0035}$.

La plus grande vitesse de marche en plaine a pour effet de faire tomber la pression de la vapeur et par suite d'en augmenter la dépense. Elle tend ainsi à uniformiser la consommation d'eau, comme si le frottement était plus intense.

Quant au vent, il n'y a évidemment lieu de s'en préoccuper ici qu'autant qu'il est contraire. En ce cas, il se traduit encore par un accroissement de la constante que, par tous ces motifs, nous porterons à 0,006 au lieu de 0,0035.

L'expression de λ que nous appellerons la *longueur réduite* de la rampe i sera ainsi :

$$\lambda = \frac{i + 0,006}{\rho + 0,006} l.$$

Pour un chemin offrant des rampes maxima de 18 millimètres, la longueur réduite d'une rampe de 6 millimètres sur 100 mètres sera donc de $\frac{6 + 6}{18 + 6} \times 100 = 50$ mètres, et la longueur réduite d'un palier de 100 mètres sera de $\frac{6}{18 + 6} = 25$ mètres.

La formule s'applique aussi aux pentes, en ayant soin de changer le signe de i. Seulement la distance réduite, qui devient nulle pour $i = -0,006$, ne saurait devenir néga-

tive ; car les machines peuvent bien descendre les pentes de 6 millimètres et au-dessus avec le régulateur fermé, c'est-à-dire sans faire aucune consommation d'eau ; mais elles ne refont pas leur approvisionnement ; l'excès de force fourni par la gravité est absorbé par les freins et (abstraction faite des faibles variations de la puissance vive) ne s'accumule pas pour soulager la machine à la première montée. Les termes négatifs de λ ne doivent donc compter que pour zéro.

Les services d'exploitation ont une tendance naturelle de charger les trains de telle sorte qu'arrivées sur les rampes maxima les machines travaillent à pleine charge. Cela étant, on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, la distance *réduite* entre les alimentations pourrait être la même sur toutes les lignes desservies par les mêmes machines, c'est-à-dire qu'en comparant deux lignes, l'une complétement en palier et l'autre avec des déclivités de 15 millimètres, les alimentations n'auraient pas besoin d'être plus rapprochées sur ces rampes de 15 millimètres que sur la ligne de niveau. Cela se conçoit, car du moment que la machine travaille à pleine charge elle consomme autant d'eau, que la pleine charge soit due à un plus grand nombre de wagons ou à une plus forte composante de la gravité. L'opinion qu'on entend quelquefois émettre : que les alimentations doivent être plus rapprochées en pays de montagne, n'est donc pas fondée si l'on entend parler de lignes différentes ; elle n'est vraie qu'appliquée à une seule et même ligne ; mais alors il serait plus exact de dire : que sur une ligne accidentée les alimentations peuvent être plus espacées dans les parties en plaine. C'est qu'en effet une seule forte rampe limite la charge des trains sur toute une portion du parcours, si bien que tel écartement alimentaire qui serait inabordable pour des machines travaillant à pleine charge devient parfaitement suffisant pour les trains limités qui seuls peuvent y arriver.

Il est assez rare en pratique qu'il y ait intérêt à déterminer d'une manière rigoureuse le maximum de distance réduite admissible pour les alimentations. D'une part, ce maximum dépendrait de la force respective des machines et de la capacité des tenders, proportion que l'avenir peut modifier; d'autre part, la position de quelques-unes des alimentations est commandée par celle des gares de composition de trains et de bifurcation. Enfin et sauf de rares exceptions, les alimentations intermédiaires se placent dans des stations déjà motivées par les besoins du trafic et l'on ne crée pas exprès des stations en vue de l'établissement d'une alimentation. Il en résulte que la question pratique se réduit généralement à ces termes relativement simples : faut-il deux, trois, faut-il quatre alimentations intermédiaires? et dans quelles stations les établira-t-on?

La solution est en partie subordonnée à la qualité et à la quantité des eaux disponibles dans les diverses localités, ainsi qu'aux sujétions de l'exploitation quant à l'arrêt des divers trains; elle ne peut donc pas être demandée à une formule mathématique. Néanmoins, comme la question des écartements joue un grand rôle, la formule de la distance réduite fournit des renseignements indispensables.

La distance réduite de deux stations, que nous désignerons par Δ, est la somme des distances réduites des diverses déclivités et s'exprime donc comme suit :

$$\Delta = \frac{\Sigma il + 0{,}006\,\Sigma l}{\rho + 0{,}006},$$

i représentant la déclivité respective de toutes les rampes, des paliers et (avec le signe —) des pentes inférieures à 0,006 ;

l la longueur réelle de ces mêmes déclivités;

ρ la rampe maxima rencontrée sur le parcours;

Cette expression peut être mise sous une autre forme qui,

bien que moins simple en apparence, est souvent plus commode pour le calcul numérique, savoir :

$$\Delta = \frac{A' - A + H + 0{,}006\,(D - L)}{\rho + 0{,}006},$$

où A désigne l'altitude de la station de départ;
A' . . . . . . *idem*. . . . . . . d'arrivée;
D la distance réelle entre les deux stations;
H la hauteur cumulée de toutes les descentes supérieures à 0,006;
L la longueur cumulée de ces mêmes descentes.

Il est à peine besoin de faire remarquer que ces formules donnent un résultat essentiellement différent pour les deux sens de la marche, l'aller et le retour.

Le choix de la valeur de ρ exige une observation. Elle peut n'être pas la même à l'aller et au retour, ni sur toute l'étendue du parcours. Si le poids des trains ne doit pas varier sensiblement entre les gares extrêmes, c'est la rampe maxima générale qui devra être appliquée partout, même aux intervalles où elle ne se rencontre pas. C'est le cas qui se présente le plus souvent, du moins entre gares principales. Si, au contraire, le chargement des trains devait être modifié à chaque station de façon à le maintenir au maximum correspondant aux accidents locaux du profil en long, les distances réduites entre les stations consécutives seraient à calculer en attribuant à ρ le maximum réel atteint par les rampes dans chacun des intervalles. La formule est assez flexible pour rendre compte de ces divers faits d'exploitation, si on la consulte avec discernement.

Voici pour terminer, et à titre d'exemple, le résultat d'une application numérique à la ligne de Moulins-Montluçon-Limoges :

STATIONS ALIMENTAIRES.	ALTITUDE des rails.	DISTANCES réelles.	DISTANCES RÉDUITES. Aller.	DISTANCES RÉDUITES. Retour.
	mèt.	mèt.	(ρ = 0,015) mèt.	(ρ = 0,015) mèt.
Moulins.	224,39			
Souvigny.	237,05	13.900	5.133	3.630
Tronget.	440,55	16.300	14.446	424
Chavenon.	332,82	12.700	1.483	9.174
La Presle.	289,44	15.300	4.470	7.382
Montluçon.	211,86	22.600	7.139	12.757
		80.800	32.671	33.367
			(ρ=0,0125)	(ρ = 0,015)
Montluçon.	211,86			
Huriel.	336,89	11.450	10.457	380
Lavaud-Franche.	420,65	18.000	10.846	4.072
Busseau-d'Ahun.	397,50	34.150	14.943	14.050
		63.600	36.246	15.502
			(ρ=0,0125)	(ρ=0,0125)
Busseau-d'Ahun.	397,50			
Guéret.	441,00	14.900	8.149	4.839
Vieilleville.	418,00	23.850	9.103	11.301
Saint-Sulpice-Laurière (Limoges).	401,00	20.450	7.370	9.653
		59.200	24.622	25.793

Sur la section de Moulins à Montluçon, ouverte à la circulation, l'expérience est venue confirmer les prévisions du calcul. L'alimentation de Souvigny (simple *en cas*), effectuée par une pompe à bras, n'est utilisée qu'accidentellement à l'aller, jamais au retour. De même, l'appareil de Chavenon, établi avec une grue unique, ne sert jamais à l'aller, et au retour aux trains de marchandises seulement.

La distance réduite moyenne entre les alimentations de la ligne de Moulins à Montluçon, tant à l'aller qu'au retour, est de 6.604 mètres, tandis que la distance réduite maxima atteint 14.446. La première de ces deux distances ne forme donc que 45 p. 100 de la seconde, tandis que dans une répartition parfaite les deux quantités devraient être égales.

Sur la section de Montluçon à Limoges, la distance ré-

duite à l'aller et au retour est en moyenne de 8.763 mètres pour un maximum de 14.943 mètres. Le rapport atteint donc 58 p. 100. Ce résultat meilleur est dû à ce que les alimentations ont pu être généralement placées au pied ou à mi-hauteur des montées, en évitant les points culminants du tracé.

NOTICE

RELATIVE AUX ACCIDENTS SURVENUS DANS LES MINES DE HOUILLE ET DE FER DE LA GRANDE-BRETAGNE EN 1862.

Par M. CALLON, ingénieur en chef, professeur à l'École des mines.

Parmi les nombreux *blue books* qui se publient chaque année en Angleterre, il en est un qui est de nature à intéresser spécialement les lecteurs des *Annales des mines*.

Nous voulons parler de celui qui renferme les rapports adressés par les inspecteurs des mines au ministère de l'intérieur (*secretary of state for the home department*), et présentés par le ministre aux deux chambres du parlement,

L'objet de cette notice est de résumer ce que les derniers rapports publiés, ceux de l'année 1862, présentent de plus intéressant.

Un mot d'abord sur ce service d'inspection qui présente un des cas, rares chez nos voisins, d'une certaine intervention de la part du gouvernement dans les actes de l'industrie privée.

Ce service n'a été organisé que depuis un petit nombre d'années, à la suite de plusieurs enquêtes parlementaires motivées par une série d'accidents graves survenus principalement dans les houillères de Newcastle et dont l'opinion publique s'était fortement préoccupée. Ces enquêtes rendirent manifeste cette préoccupation, ainsi que le désir des ouvriers mineurs de voir établir un système de contrôle se rapprochant plus ou moins de ce qui a lieu en France et sur le continent en général. On reconnut la nécessité de ne pas laisser complétement à l'abandon une industrie où les abus peuvent s'établir d'autant plus facilement que les chantiers

où elle s'exerce échappent à la vue du public, et où l'ignorance du chef et la négligence d'un seul de ses hommes peuvent, dans certains cas, compromettre la sûreté de tous.

Le principe d'une inspection fut donc posé par une loi spéciale. Mais en même temps, avec cette sage réserve, habituelle au gouvernement anglais, attentif à donner satisfaction dans la juste mesure aux exigences de l'opinion publique, cette inspection fut restreinte aux mines de charbon et de fer carbonaté des houillères, les seules qui, par les explosions de grisou auxquelles elles sont sujettes, soient ordinairement le théâtre d'accidents n'ayant pas un caractère individuel.

Il existe aujourd'hui douze arrondissements d'inspection, savoir :

1° Northumberland, Cumberland et partie nord du comté de Durham; inspecteur, M. Dunn, résident à Newcastle.

2° Partie méridionale du comté de Durham; M. Atkinson, à Durham.

3° Lancashire (nord et est); M. Dickinson, à Manchester.

4° Partie occidentale du Lancashire, nord du pays de Galles: M. Higson, à Manchester.

5° Yorkshire; M. Morton, à Wakefield.

6° Comtés de Derby, Nottingham, Leicester et Warwick; M. Hedley, à Derby.

7° Cheshire, Shropshire et nord du Staffordshire; M. Wynne, à Stone.

8° Sud du Staffordshire, Worcestershire; M. Backer, à Wolverhampton.

9° Comtés de Montmouth, Gloucester, Sommerset et Devon; M. Brough, à Clifton.

10° Sud du pays de Galles; M. Evan, à Swansea.

11° Écosse, district oriental; M. Moore, à Glasgow.

12° Écosse, district occidental; M. Alexander, à Glasgow

Chacun des inspecteurs est en correspondance directe, d'une part avec le ministre de l'intérieur, d'autre part avec les exploitants et même avec leur personnel d'ouvriers.

L'inspecteur prend les ordres du ministre, lorsqu'un fait lui paraît devoir donner lieu à des poursuites judiciaires. Il lui adresse annuellement un rapport établissant la statistique des accidents, faisant connaître les mesures de sûreté qu'il a conseillées ou provoquées, et le résultat des poursuites judiciaires exercées à sa requête.

Il assiste aux enquêtes ouvertes par les *Coroners*, en cas d'accident ayant occasionné mort d'homme.

Il visite les mines de son district quand il le juge convenable, et souvent à la requête expresse et formelle des ouvriers, lorsque ceux-ci estiment que la manière dont les travaux sont conduits compromet leur sécurité. Ce mode d'intervention, qui paraîtrait assez extraordinaire en France, conduit souvent à des résultats satisfaisants pour les divers intérêts en présence, à en juger du moins par les comptes rendus des inspecteurs.

Dans une semblable visite, l'inspecteur examine les choses sur place, entend les observations de chacun, en suite de quoi il provoque, s'il y a lieu, les mesures de sûreté qui lui paraissent indispensables; soit verbalement, soit au besoin par une réquisition écrite.

Ni lui, ni même l'administration supérieure, n'ont d'action pour imposer l'exécution d'une mesure de sûreté, qui ne serait pas *explicitement* ordonnée par un acte du parlement; néanmoins l'inexécution entraînerait pour l'exploitant une responsabilité qu'il tient à éviter; d'ailleurs, l'inspecteur se maintient habituellement dans une réserve à laquelle le rappelleraient bientôt et la résistance des intéressés et l'expression de l'opinion publique, s'il se laissait aller à un système excessif et tracassier de réglementation.

Enfin, il arrive assez souvent qu'un inspecteur ne se borne pas à des communications individuelles avec les divers

exploitants, mais qu'il leur adresse en outre des circulaires pour leur faire connaître son opinion sur tel ou tel point, leur signaler l'utilité de telle ou telle mesure de sûreté, etc.

Telle est, en peu de mots, l'organisation de ce service de surveillance, qui, emprunté dans son principe à ce qui se fait sur le continent, ne s'est pas transplanté en Angleterre sans s'y modifier profondément, sans y acquérir, pour ainsi parler, un goût très-prononcé de terroir. Elle peut paraître singulière aux esprits accoutumés à l'appareil de la hiérarchie et de la centralisation administratives, aux formules inflexibles d'une réglementation minutieuse.

Sans vouloir établir ici une comparaison entre les deux systèmes, on doit reconnaître que le système anglais est simple, qu'il va droit au but avec le minimum de rouages administratifs, qu'il laisse à chacun, fonctionnaire ou exploitant, une plus large part d'initiative et de responsabilité.

Ce sont là certainement de très-sérieux avantages.

Bien que le service d'inspection ait été créé expressément dans l'intérêt de la sûreté des personnes, et que ce soit là l'origine et la raison d'être des relations qui s'établissent directement entre les inspecteurs et les ouvriers, ceux-ci n'en conservent pas moins la juste responsabilité des faits qui leur sont personnels, dans une mesure bien plus sérieuse que cela n'a lieu en France.

Ainsi, par exemple, on ne verrait point en Angleterre un ouvrier atteint à son chantier par la chute d'un bloc qu'il aura négligé de soutenir, ou bien blessé par l'emploi maladroit de ses outils ou d'une machine quelconque, songer à réclamer de celui qui le fait travailler des dommages-intérêts; on ne verrait non plus aucun tribunal en accorder, s'il en était demandé. Le système contraire n'a, on le sait, que trop de tendance à prévaloir en France. Il semble chez nous, que là où un accident arrive, il faille nécessairement un coupable, ou au moins une responsabilité enga-

gée pécuniairement, surtout quand cette responsabilité peut tomber sur un être collectif comme une compagnie.

Ce système poussé trop loin, poussé comme il l'est quelquefois en France, devient certainement inique et oppressif pour l'industrie, en même temps qu'il fait trop bon marché du libre arbitre, de la responsabilité et de la dignité personnelle de l'ouvrier.

Sans insister plus longtemps sur ces considérations générales, je viens aux rapports de 1862.

Leur objet essentiel étant de présenter la statistique des accidents survenus dans les mines soumises à l'inspection, ils sont précédés d'un résumé en quatre tableaux dont je présente d'abord un extrait.

N° 1. — *État des accidents suivis de mort (fatal accidents) survenus dans l'exploitation des mines de houille de la Grande-Bretagne pendant l'année* 1862.

NOMS DES DISTRICTS.	Explosion de gaz.	Éboulements.	Accidents divers dans les puits (*).	Accidents divers dans les travaux (**).	Accidents divers à la surface (***).	Totaux.
1. Northumberland, Cumberland et partie nord de Durham	5	41	12	19	19	96
2. Partie sud de Durham	2	18	4	23	7	54
3. Partie nord et est de Lancashire	9	20	13	7	7	56
4. Partie ouest du Lancashire et partie nord du pays de Galles	8	30	14	16	6	74
5. Yorkshire	5	23	10	5	»	43
6. Derbyshire, Nottinghamshire, Leicestershire et Warwickshire	2	24	4	11	1	42
7. Partie nord du Staffordshire, Cheshire et Shropshire	4	25	8	11	1	49
8. Partie sud du Staffordshire, Worcestershire	8	76	18	5	4	111
9. Montmouthshire, Glocestershire, Somersetshire et Devonshire	2	41	6	10	»	59
10. Sud du pays de Galles	5	53	5	11	5	79
11. Écosse, district oriental	3	25	12	1	»	41
12. Écosse, district occidental	2	26	4	2	1	35
Totaux pour 1862	55	402	110	121	51	739
Totaux pour 1861	61	413	149	123	66	812
Différences	6	11	39	2	15	73

(*) Cages portées aux poulies, rupture de chaînes ou de câbles, fausses manœuvres au départ ou à l'arrivée des cages, etc.
(**) Coups de mines, asphyxie par le mauvais air, coups d'eau, etc.
(***) Machines, explosions de chaudières, etc.

N° 2. — *État du nombre des morts causées par les accidents compris au tableau n° 1 ci-dessus.*

NOMS DES DISTRICTS.	Explosion de gaz.	Éboulements.	Accidents divers dans les puits.	Accidents divers dans les travaux.	Accidents divers à la surface.	Totaux.
1. Northumberland, Cumberland et partie nord de Durham.	21	42	20	222	20	325
2. Partie sud de Durham.	2	20	4	23	7	56
3. Partie nord et est de Lancashire.	10	21	14	7	7	59
4. Partie ouest du Lancashire et partie nord du pays de Galles.	8	31	21	16	6	82
5. Yorkshire.	69	24	10	5	»	108
6. Derbyshire, Nottinghamshire, Leicestershire et Warwickshire.	2	25	4	11	1	43
7. Partie nord du Staffordshire, Cheshire et Shropshire.	6	25	19	13	4	64
8. Partie sud du Staffordshire, Worcestershire.	8	80	17	5	»	114
9. Montmouthshire, Glocestershire, Somersetshire et Devonshire.	2	42	6	10	»	60
10. Sud du pays de Galles.	54	55	5	16	5	135
11. Écosse, district oriental.	5	31	12	6	»	49
12. Écosse, district occidental.	3	26	5	1	1	38
Totaux pour 1862.	190	422	137	332	52	1.133
Totaux pour 1861.	119	427	164	163	70	943
Différences.	71	5	27	169	18	190

N° 3. — *État des accidents suivis de mort survenus dans les mines de fer (Ironstone Mines) de la Grande-Bretagne, pendant l'année 1862.*

NOMS DES DISTRICTS.	Explosion de gaz.	Éboulements.	Accidents divers dans les puits.	Accidents divers dans les travaux.	Accidents divers à la surface.	Totaux.
1. Northumberland, Cumberland et partie nord de Durham.	»	»	»	»	»	»
2. Partie sud de Durham.	»	»	»	»	»	»
3. Partie nord et est de Lancashire.	»	»	»	»	»	»
4. Partie ouest du Lancashire et partie nord du pays de Galles.	»	1	»	»	»	1
5. Yorkshire.	2	1	2	1	1	7
6. Derbyshire, Nottinghamshire, Leicestershire et Warwickshire.	»	1	1	»	»	1
7. Partie nord du Staffordshire, Cheshire et Shropshire.	1	7	8	3	2	21
8. Partie sud du Staffordshire, Worcestershire.	»	7	4	3	1	15
9. Montmouthshire, Glocestershire, Somersetshire et Devonshire.	»	8	2	»	»	10
10. Sud du pays de Galles.	»	7	»	»	»	7
11. Écosse, district oriental.	»	3	1	»	»	4
12. Écosse, district occidental.	1	3	8	4	2	18
Totaux.	4	37	26	11	6	84

N° 4. — *État du nombre des morts causées par les accidents compris au tableau n° 3 ci-dessus.*

NOMS DES DISTRICTS.	Explosion de gaz.	Éboulements.	Accidents divers dans les puits.	Accidents divers dans les travaux.	Accidents divers à la surface.	Totaux.
1. Northumberland, Cumberland et partie nord de Durham.	»	»	»	»	»	»
2. Partie sud de Durham.	»	»	»	»	»	»
3. Partie nord et est de Lancashire.	»	»	»	»	»	»
4. Partie ouest du Lancashire et partie nord du pays de Galles.	»	1	»	»	»	1
5. Yorkshire.	2	1	2	1	1	7
6. Derbyshire, Nottinghamshire, Leicestershire et Warwickshire.	»	1	1	»	»	2
7. Partie nord du Staffordshire, Cheshire et Shropshire.	»	9	10	5	2	27
8. Partie sud du Staffordshire, Worcestershire.	1	7	6	11	1	27
9. Monmouthshire, Glocestershire, Somersetshire et Devonshire.	»	8	2	»	»	10
10 Sud du pays de Galles.	»	7	»	»	»	7
11. Écosse, district oriental.	»	3	1	»	»	4
12. Écosse, district occidental.	1	4	9	4	6	20
Totaux pour 1862.	4	41	33	21	6	105
Report des mines de houille.	190	422	137	332	52	1.133
Total pour les exploitations soumises à l'inspection.	194	463	170	353	58	1.238

Le tableau n° 2 est le plus important à considérer. Le total général qui y est inscrit pour 1862 dépasse de 190 le chiffre correspondant de l'année précédente.

Cet accroissement énorme est dû principalement à trois accidents qui ont contribué pour une grosse part, l'un au chiffre de 222 ouvriers tués par *accidents divers* dans le premier district, les deux autres aux chiffres de 69 et de 54 hommes tués *par explosions de gaz* dans le cinquième et le dixième districts.

Le premier de ces trois accidents, survenu dans la mine d'Hartley le 17 janvier 1862, est la catastrophe la plus considérable que l'industrie des mines ait jusqu'ici à enregistrer dans ses annales. Il a occasionné la mort de 209 personnes dont 204, c'est-à-dire *le personnel qui se trouvait alors dans la mine sans aucune exception*, ont péri par asphyxie.

La mine dont il s'agit ne communiquait avec le jour que par un seul puits de 3^m,80 de diamètre sur 182 mètres de profondeur, divisé en plusieurs compartiments. A l'orifice était installée, outre la machine d'extraction, une grande machine à balancier faisant mouvoir des pompes de 24 pouces.

Le balancier de 18.000 kilogrammes environ s'est rompu inopinément, et l'un des fragments, d'un poids de plusieurs tonnes, est tombé dans le puits, avec la maîtresse-tige, bouleversant dans sa chute les cloisons des compartiments, et remblayant le puits par une masse de pièces de bois enchevêtrées d'une manière inextricable, jusqu'à plus de 12 mètres au-dessus de la cheminée venant du foyer d'aérage. Dès lors, toute issue s'est trouvée fermée aux ouvriers et la ventilation a cessé de se faire dans les travaux.

C'est seulement au bout de neuf jours du travail le plus actif que le déblaiement a pu être terminé; mais en rentrant dans les travaux on n'a plus trouvé que des cadavres.

Cette catastrophe a eu le plus grand retentissement en Angleterre; des souscriptions ouvertes de tous côtés en faveur des familles des victimes ont réuni plus de 2 millions de francs, dont 875.000 francs en moins de quinze jours.

En même temps, l'opinion publique se réveillait d'une manière énergique contre le danger déjà plusieurs fois signalé que présentent des mines n'ayant qu'une seule communication avec le dehors, et dès le 7 août suivant intervenait une loi dont voici les dispositions essentielles :

« Toute mine de charbon ou de fer qui sera établie à l'a-

venir, devra communiquer avec l'intérieur par deux orifices distincts, séparés par un massif de rocher de 10 pieds au moins, et munis l'un et l'autre de moyens de circulation pour les ouvriers. »

« Les mines déjà ouvertes à la date de la loi devront se conformer à la prescription ci-dessus avant le 1er janvier 1865, à moins qu'elles n'obtiennent une dispense ou un délai, qui ne pourra leur être accordé que par le ministre sur le rapport de trois experts. »

« Ces dispositions ne s'appliquent pas aux simples travaux de recherche, ou aux puits actuellement isolés qui, dans le système d'exploitation projeté, doivent être mis ultérieurement en communication avec d'autres, mais sous la condition de ne pas employer dans ces puits, tant qu'ils restent isolés, plus de 20 personnes à la fois. »

La mise à exécution de cet acte du parlement se poursuit partout sans difficultés. On peut citer comme exemples remarquables de l'acquiescement qu'y ont en général donné les exploitants, que dans chacun des deuxième et quatrième districts une seule demande de dispense a été formée, qu'il n'en a été formé aucune dans le onzième, et que dans le douzième (ouest de l'Écosse), sur 304 puits isolés qui existaient en 1862, il n'a été produit que trois demandes de cette nature, dont deux ont été retirées et la troisième ne paraît pas devoir être suivie.

L'inspecteur de ce dernier district fait observer avec grande raison que, bien que l'accident du 17 janvier 1862 soit un fait exceptionnel qui ne se reproduira peut-être jamais, l'acte du 7 août n'en sera pas moins fort utile, soit en cas d'explosion, soit même dans l'usage habituel par suite de l'amélioration qui en résultera généralement pour la ventilation.

L'explosion survenue dans le cinquième district a eu pour théâtre la mine dite Edmund's Main Colliery, près Barnsley. Elle s'est produite dans des conditions spéciales

sur lesquelles il est bon de donner quelques détails. Ainsi que le dit l'inspecteur, ce n'est pas, à proprement parler, une explosion *de grisou*, mais bien une explosion *du gaz provenant de la distillation de la houille en combustion.*

Le directeur de la mine, son fils et cinquante-sept ouvriers tués, quinze blessés, et l'obligation d'inonder les travaux pour éteindre l'incendie, telles sont les conséquences désastreuses de cet accident.

La mine dont il s'agit est établie sur la couche dite *Barnsley thick coal*, de $2^m,93$ d'épaisseur, très-abondante en grisou. Elle est desservie par trois puits, dont deux ayant 10 pieds et demi et 8 pieds servent à l'entrée de l'air, et le troisième 9 pieds à la sortie; ils sont voisins et ont une profondeur commune d'environ 95 mètres. La ventilation est activée par deux foyers. Il existe des travaux en amont pendage de la recette, et d'autres très-développés sur l'aval pendage. Ces derniers sont desservis par un grand plan incliné avec machine fixe.

L'étendue totale des travaux est d'environ 1.600 mètres en direction sur 800 mètres en inclinaison.

A 1.200 mètres environ sur l'aval pendage, il existe un autre puits avec lequel on cherchait à se mettre le plus promptement possible en communication. A cet effet, un système de deux tailles, avec les recoupes nécessaires pour l'aérage, était poussé jour et nuit sur le pied de 3 mètres d'avancement par jour, en suivant la pente de la couche qui est d'environ 9 à 10 p. 100. Par suite de cette rapidité extrême, la surface fraîche mise journellement à découvert dans ces chantiers était considérable, et le gaz s'y produisait avec abondance.

La quantité totale d'air entrant dans la mine était d'environ $4^m,64$ par seconde, se partageant à peu près par moitié entre les travaux d'amont pendage et ceux d'aval pendage.

Le courant d'aval pendage se subdivisait lui-même en

quatre autres courants partiels, et finalement il restait pour les avancements indiqués ci-dessus et une partie du quartier desservi par la galerie de niveau la plus basse, une quantité d'air ne dépassant pas 0m,62.

Dans ces conditions, la ventilation des deux avancements sur la pente était défectueuse; le gaz y marquait habituellement, et depuis quelques jours on avait dû fournir aux piqueurs des lampes de sûreté. Les lampes à feu nu employées par les rouleurs ne devaient pas être portées au delà de la dernière recoupe. Mais on avait en même temps, et fort imprudemment, conservé l'abattage à la poudre, afin d'aller plus vite. Seulement, le feu était mis aux coups de mine par un surveillant spécial, qui s'assurait préalablement de l'état de l'air au chantier.

Deux ou trois jours avant l'accident, un coup de mine avait mis le feu au gaz et du gaz au charbon; mais les ouvriers étaient parvenus à l'éteindre en battant les parois avec leurs habits. Ils furent moins heureux cette dernière fois, et après avoir lutté énergiquement pendant une demi-heure, ils durent se retirer, à demi-asphyxiés, devant l'incendie qui gagnait de proche en proche la masse de houille, les boisages et la cloison d'aérage.

Le fait se passait à neuf heures du matin. Jusqu'à onze heures, en l'absence du directeur des travaux du fond, aucune disposition décisive ne put être prise, aucun ordre formel ne fut donné pour faire sortir les hommes; un grand nombre d'entre eux cependant remontèrent spontanément, mais d'autres restèrent à leurs chantiers, pensant qu'il n'y avait pas de danger.

A onze heures seulement, le directeur du fond put être rendu sur les lieux. Il pensa qu'en fermant par un barrage en briques le plan incliné par lequel arrivait l'air frais, il parviendrait à éteindre le feu en le privant d'air.

A onze heures et demie, ce barrage, exécuté d'urgence sous les yeux du directeur, était à peine achevé qu'une ex-

plosion épouvantable se produisait. C'est à sa construction même que les hommes les plus compétents entendus dans l'enquête du coroner attribuent cette explosion. Le siége de l'incendie était devenu, par le fait de l'établissement du barrage, comme une sorte de grande cornue, dont les produits distillés, se mêlant à l'air atmosphérique qu'ils rencontraient sur le reste du parcours, formèrent des mélanges détonants qui s'enflammèrent au contact de la première lampe ouverte sur laquelle ils arrivèrent.

La construction du barrage, pour être faite sans danger, aurait dû être précédée :

1° De la sortie de tous les ouvriers non occupés au barrage même ;

2° De l'extinction du foyer d'aérage et de l'enlèvement de toutes les lampes ouvertes, de manière que les gaz développés sur le lieu de l'incendie ne pussent rencontrer, après s'être mêlés à l'air, aucune circonstance propre à déterminer leur inflammation.

Le verdict du jury, présidé par le coroner, a été le suivant :

« Nous trouvons que les nommés..... ont péri par une « explosion de gaz le 8 décembre 1862.

« Pour le fait de leur mort immédiate, nous n'attachons le « blâme à aucun individu en particulier.

« Mais nous devons en même temps exprimer l'opinion « unanime que l'explosion est due au travail imprudent et « périlleux des deux avancements sur la pente. L'emploi de « la poudre sur ce point était hautement déraisonnable et « dangereux, et nous sommes certains qu'il n'aurait dû être « ni permis par le directeur du fond, ni pratiqué par les « ouvriers. »

Aussitôt après l'explosion, et avec cet élan et ce courage qui distinguent toujours les mineurs dans ces circonstances, des hommes descendirent dans le puits pour procéder au sauvetage. Plusieurs des victimes furent successivement r

cueillies et ramenées au jour. On commença, en marchant pas à pas, à relever successivement les divers barrages qui séparaient le grand plan incliné et le retour d'air parallèle, afin de rétablir le courant d'air; mais à une heure de l'après-midi, une seconde explosion se produisit et força les hommes de remonter. Elle fut attribuée au rétablissement partiel du courant, par suite duquel un mélange détonant aura pu être porté sur quelque point où la première explosion avait développé un commencement d'incendie.

A deux heures et demie, M. Ralph Rawling Maddison, directeur des charbonnages voisins de Worsborough Park et de Stainborough, réunit huit hommes intrépides et descendit de nouveau avec eux. Il put, avec ses lampes de sûreté, s'avancer jusqu'à la sixième galerie d'allongement, soit jusqu'à une centaine de mètres du puits. Là toute ventilation cessait et une épaisse fumée, venant des travaux du fond et présentant une odeur caractéristique de goudron et de gaz d'éclairage, empêchait d'aller plus loin.

M. Maddison et tous ses compagnons, après un examen attentif, acquirent la conviction parfaite qu'ils étaient les seuls hommes en vie dans la mine.

Persuadé qu'en cherchant encore à rétablir le courant d'air on s'exposait, sans avoir aucun espoir de sauver personne, aux chances d'une troisième explosion, M. Maddison remonta avec ses compagnons.

Dans plusieurs conférences tenues le même jour et le lendemain, les ingénieurs du voisinage arrivèrent unanimement à la conclusion qu'en l'état la meilleure manière de procéder était de noyer la mine.

Cette mesure fut immédiatement mise à exécution, en détournant, au moyen d'une tranchée, les eaux du ruisseau voisin; toutefois, sur les réclamations très-vives des familles des victimes, on se borna à noyer la partie inférieure des travaux dans laquelle le feu avait pris d'abord. En même temps, on avait soin de fermer les deux puits d'en-

trée de l'air, laissant seulement ouvert le puits de sortie, d'où s'échappait une pâle fumée accompagnée fréquemment d'un dégagement de vapeur d'eau et d'une odeur prononcée de gaz et de goudron.

Le 17 décembre, au moment même où l'on délibérait sur l'opportunité d'une tentative de réouverture, une troisième explosion fit sauter les cloisons établies sur les puits d'entrée d'air, et une épaisse fumée sortit pendant plusieurs minutes par leurs orifices.

L'inspecteur du district, M. Morton, qui se trouvait alors sur les lieux, fit reboucher immédiatement ces deux puits et remblayer avec de la terre le puits de sortie jusqu'à une dizaine de mètres au-dessus du foyer, afin d'interrompre tout courant d'air.

Enfin, après un nouvel et sérieux examen, considérant que depuis le 8 décembre le champ de l'incendie souterrain avait dû s'étendre beaucoup, on convint de noyer la mine jusqu'à une douzaine de pieds au-dessus du niveau des recettes. En procédant ainsi, on était certain d'éteindre par le contact direct tous les feux de l'aval pendage, et de couper complétement tout accès d'air à ceux qui pouvaient s'être développés en amont.

Ces mesures furent exécutées sans délai; après quoi il dut être avisé à l'étude et à l'installation de moyens d'épuisement pour vider les eaux.

L'explosion dont je viens de présenter l'historique n'est point, à beaucoup près, la plus désastreuse qui ait eu lieu en Angleterre. Le bassin de Newcastle en a vu qui ont fait jusqu'à 160 victimes.

Mais celle-ci est remarquable par les circonstances dans lesquelles elle s'est produite et par celles qui l'ont suivie. Elle donne plusieurs enseignements qu'il n'est pas sans intérêt de faire ressortir.

Ainsi, en premier lieu, on peut dire qu'un chantier au

charbon dans lequel le gaz marque habituellement ne doit jamais être poussé par le travail à la poudre.

En second lieu, à la suite d'une explosion un peu étendue, soit de grisou, comme c'est le cas le plus ordinaire, soit de gaz provenant de la distillation, comme dans le cas actuel, on peut s'attendre à ce que des commencements d'incendie se manifestent sur divers points, le feu pouvant prendre par le contact du gaz enflammé à la houille ou aux boisages.

Une série d'explosions peut donc suivre la première, soit spontanément, soit lorsqu'en essayant de rétablir le courant d'air, on amène sur le foyer de l'incendie des mélanges détonnants. Aussi, à la suite d'une explosion qui rend inaccessible pour un certain temps tout un quartier d'une mine et ne permet pas de s'assurer immédiatement qu'il n'y a nulle part de commencement d'incendie, la première mesure à prendre doit-elle être de faire sortir immédiatement tous les hommes, à l'exception de la brigade peu nombreuse que l'on veut employer au sauvetage.

Si l'on constate que l'explosion a mis le feu sur un ou plusieurs points actuellement inaccessibles par suite de la destruction des moyens de distribution du courant d'air, et si l'on n'a pas l'assurance qu'il n'arrivera sur ces foyers d'incendie que de l'air frais non chargé de gaz, des explosions consécutives peuvent être regardées comme imminentes, et par conséquent, quelque regret que l'on puisse éprouver à prendre une mesure aussi radicale, le moyen le plus sûr paraît être de noyer les travaux.

Enfin, le cas échéant où un commencement d'incendie est constaté, le moyen le plus ordinairement praticable pour s'en rendre maître est de le circonscrire par des barrages; mais dans l'exécution de ces travaux, il faut se préoccuper de deux dangers possibles : l'un d'amener accidentellement sur le point incendié quelque mélange détonnant ; l'autre de diriger, soit sur un foyer d'aérage, soit sur un point où l'on emploierait des lampes à feu nu, les gaz

qui se dégagent du foyer même de l'incendie, et qui échappent à une combustion complète dès que l'air n'y afflue plus en quantité suffisante, par suite de l'établissement d'un premier barrage. On recommanderait donc, dans ce cas, d'éteindre le foyer d'aérage, s'il n'est pas alimenté par un courant spécial d'air frais, et de ne pas employer de lampe à feu nu dans le courant d'air qui a passé dans le quartier où se trouve l'incendie.

Le troisième grand accident signalé en 1862 est l'explosion survenue le 19 février dans le charbonnage dit Cethin Colliery, près Merthyr-Tydwil (pays de Galles).

C'est le premier grand accident de gaz survenu dans ce district. Il a fait 47 victimes.

L'enquête du coroner a eu lieu avec l'assistance de l'inspecteur du district et de l'inspecteur du neuvième district.

Le jury rendit le verdict suivant :

« Dans l'enquête sur la cause de la mort de....., nous « trouvons :

« 1° Que la ventilation du puits Cethin n° 1 était insuffi- « sante, mal arrangée et sujette à de fréquentes interrup- « tions;

« 2° Que le directeur de la mine a négligé les règles gé- « nérales, et a permis que certaines règles spéciales fussent « généralement négligées par ses employés, et nous ren- « dons un verdict d'homicide (*manslaughter*) contre lui. »

Ce directeur fut en conséquence poursuivi aux assises suivantes tenues à Cardiff; mais il fut acquitté par le grand jury.

L'explosion est survenue dans un chantier du quartier le plus éloigné de la mine, quartier imparfaitement ventilé, présentant des parties dépilées dans lesquelles le gaz pouvait s'accumuler. Au-dessus de la couche exploitée, il s'en trouve une autre extrêmement gazeuse que les cloches du toit mettaient à découvert dans ces dépilages. Le jour de l'accident, le baromètre était très-bas, et le gaz avait ten-

dance à sortir des vieux travaux. Enfin, malgré ces circonstances dangereuses, on n'avait à ce chantier que des lampes à feu nu. L'explosion n'a pas été violente et n'a pas occasionné d'incendie. L'aérage a pu être rétabli sans nouvel incident. Sur les 47 victimes, 8 ont été projetées plus ou moins violemment et brûlées, 13 brûlées seulement, et 26 asphyxiées, à la suite de l'explosion, par la poussière et le manque d'air respirable.

L'explosion de Cethin est due, comme on le voit, à une imprudence grave qui se reproduit trop souvent en Angleterre, et contre laquelle s'élèvent avec juste raison les inspecteurs de district. Je veux parler de l'emploi qui se fait des lampes à feu nu dans des circonstances où il ne viendrait à personne, ni en France ni en Belgique, l'idée de les employer.

Sur les 190 ouvriers tués par les 55 explosions ayant occasionné mort d'homme en 1862, le plus grand nombre a péri par suite de l'emploi inopportun de lampes découvertes.

Il est remarquable de voir que le pays où la lampe de sûreté a été inventée, soit celui où son emploi soit relativement le moins répandu, celui où cette belle découverte rencontre le plus de répugnance. C'est surtout chez les ouvriers que cette répugnance se manifeste et se traduit parfois par des menaces de grève ou par un refus absolu, lorsqu'on veut leur imposer l'emploi de la lampe de sûreté par voie de mesure générale. On en a vu même, chose étrange, protester tumultueusement contre l'emploi forcé de ces lampes, autour d'un coroner qui poursuivait une enquête à la suite d'une explosion causée par l'emploi d'une lampe à feu nu.

Les ouvriers anglais n'admettent la lampe de sûreté que là où ils en voient l'utilité ou même la nécessité actuelle et immédiate.

En dehors de ces circonstances, ils veulent obstinément

des lampes à feu nu, sans se préoccuper des mille accidents qui seraient inoffensifs avec des lampes de sûreté et qui deviennent des causes sérieuses de danger avec ce mélange de lampes de sûreté et de lampes ouvertes.

C'est certainement sur ce point que l'action des inspecteurs peut, avec le temps, produire les résultats les plus marqués.

Les états n° 1 et n° 2 présentent encore des chiffres sur lesquels il est bon de dire un mot. Je veux parler des 76 accidents par éboulement et des 80 ouvriers victimes de ces accidents dans le huitième district.

On remarquera qu'il s'agit ici principalement de la partie du Staffordshire dans laquelle on exploite la grande masse de 9 mètres, connue sous le nom de *Ten-Yards* ou *Thick coal*. La méthode d'exploitation la plus généralement employée est économique au point de vue de l'abattage; mais elle entraîne un fort grand gaspillage de charbon et est assez dangereuse pour l'ouvrier. Les chiffres ci-dessus sont l'expression et la mesure de ce danger. En les rapprochant des quantités de houille produites dans ce district, on reconnaît que le nombre des hommes tués par éboulement dans l'exploitation de la grande masse est, pour une production déterminée, sensiblement double de ce qu'il est en moyenne pour toute l'Angleterre.

J'ajouterai, à la suite des détails ci-dessus, quelques indications puisées dans les rapports des inspecteurs sur la répression par les voies judiciaires des contraventions ou des actes d'imprudence relevés à la charge, soit des exploitants, soit des ouvriers.

1° Ventilation défectueuse, lampes de sûreté non fermées à clef, défaut de déclaration à la suite d'une explosion, enfants employés au-dessous de l'âge prescrit. Amende de.	14 livres.
2° Absence du *parapluie* prescrit pour descendre les hommes, absence d'une barrière autour du volant de la machine, etc.	20 livres.
3° Contraventions analogues.	5 livres.
4° Ventilation défectueuse.	1 livre.

5° Emploi de lampes à feu nu au lieu de lampes de sûreté . . 2 livres.
6° Absence de lampiste; ventilation insuffisante, etc. . . . . 10 livres.
7° Lampes de sûreté non fermées à clef, défaut de déclaration après une explosion. . . . . 10 fr. 1 sh.
8° Absence de paraplüie et de lampes de sûreté fermées à clef, mauvaise ventilation. . . . . 20 livres.
9° Lampes de sûreté non fermées à clef, ventilation insuffisante. . . . . 5 livres.
10° Appareil à descendre les hommes, en mauvais état. . . . . 10 livres.
11° Explosion par emploi de lampes ouvertes (Cethin colliery, cité plus haut) . . . . Acquittement.
12° Défaut d'inspection des chantiers avant l'arrivée des ouvriers. Amende de. . . . . 40 shillings.
13° *Idem*. . . . . 30 jours d'emprisonnement.
14° *Idem*. . . . . 30 jours d'emprisonnement.
15° Cage portée aux poulies. . . . . 10 jours d'emprisonnement.
16° Emploi d'une lampe ouverte dans un chantier renfermant du gaz. . . . . Acquittement.
17° Ventilation insuffisante et emploi de lampes à feu nu. . . . Acquittement.
18° Faux signal donné au mécanicien par le receveur, dans une manœuvre qui remontait des hommes. Amende de. . . . 40 shillings.

Dans les cas n° 7, n° 9 et n° 18 ci-dessus, il est spécifié que l'amende a été, en totalité ou en partie, perçue au profit de la famille de l'ouvrier qui en avait été victime.

Dans les autres cas, il n'est pas spécifié qu'il ait été accordé, ni même demandé, aucune indemnité.

Enfin, pour terminer, je citerai quelques faits spéciaux mentionnés dans les divers rapports de 1862 et qui peuvent, à titre d'exemples, offrir quelque intérêt pour les exploitants :

(1) Explosion locale survenue dans une mine habituellement bien ventilée, par le seul fait d'un abaissement anormal de la colonne barométrique;

(2) Plusieurs cas d'explosions dues à de grands éboulements en arrière de chantiers de dépilage, amenant soit sur les lampes à feu nu employées à ces chantiers, soit sur le foyer d'aérage, le grisou qui remplissait la partie dépilée;

(3) Soulèvement brusque de la sole sur une longueur de

40 mètres le long d'une grande taille ; dégagement rapide d'une masse de gaz qui, délayée dans un courant d'air débitant environ $1^m,17$ par seconde, forma un mélange détonant, alla s'enflammer sur le foyer d'aérage, y tua le chauffeur et produisit d'assez grands dégâts matériels.

(4) Soulèvement analogue donnant lieu encore à un dégagement d'une masse de gaz qui s'enflamme à une lampe ouverte et met le feu au charbon; incendie fort difficile à éteindre.

(5) Inflammation du grisou par le choc de la pointe d'un pic contre un rognon de pyrite dure et compacte.

(6) Indication du même phénomène d'inflammation produit par le choc des masses en fer dur, contre les pièces de fonte employées comme piquets dans certaines mines du Yorkshire.

Ces divers exemples montrent l'extrême variété des circonstances dans lesquelles le grisou peut se manifester d'une manière dangereuse, même dans des mines d'ailleurs bien ventilées. Aussi, les inspecteurs anglais s'élèvent-ils, et avec raison, contre le système, encore presque général chez eux, qui consiste à employer comme moyen normal d'éclairage la lampe à feu nu, même dans les mines à grisou, et à réserver les lampes de sûreté exclusivement pour les points sur lesquels le danger est actuel et immédiat.

NOTE

SUR L'EXPLOSION D'UNE LOCOMOTIVE DU *Great Western.*

Le 20 novembre 1863, une locomotive (*Persée*) a fait explosion sur *le Great Western;* trois personnes ont péri; nous relevons dans l'enquête ouverte sur ce funeste événement quelques détails instructifs.

C. COUCHE.

Un des témoins assignés, M. *Young*, chef de la chaudronnerie aux ateliers de Swindon, fait connaître que la chaudière a été examinée scrupuleusement à l'intérieur en 1855, époque à laquelle les tubes ont été changés. Depuis cette époque, une ou deux réparations ont été faites à la chaudière; mais il n'y avait aucun motif de soupçonner la corrosion qui s'était produite dans la tôle vers le milieu du corps cylindrique, et qui paraît avoir déterminé l'explosion. Lorsqu'une partie d'une chaudière semble suspecte, on perce de petits trous dans la tôle pour mesurer son épaisseur; mais en dehors de ce cas très-rare, les chaudières ne sont examinées intérieurement que quand on remplace les tubes.

Depuis la visite faite à cette occasion, la machine *Persée* a parcouru 281.750 kilomètres. Le parcours d'une garniture de tubes varie de 161.000 à 320.000 kilog.

M *D. Gooch*, ingénieur en chef du matériel, déclare que la machine *Persée* était en service depuis douze ans, et que, sur les 500 machines du réseau, 200 au moins sont beaucoup plus anciennes; quelques-unes roulent depuis vingt-quatre et vingt-cinq ans, sans que leurs chaudières aient été changées.

En réponse à une observation du capitaine Tyler, inspecteur des chemins de fer, M. Gooch déclare qu'il n'approuve pas l'épreuve des chaudières par la pompe de pression. Les ingénieurs du *London and North Western*, du *Great Northern*, du *South Western*, sont, comme lui, opposés à ce moyen, qui leur semble dangereux.

M. Tyler réplique que l'essai est en usage sur d'autres lignes,

qui s'en trouvent bien. Il reconnaît, d'ailleurs, que ce point est controversé. Mais il considère « comme très-dangereux de maintenir une locomotive en service pendant sept ans sans que la « chaudière ait été, pendant une si longue période, complétement « examinée à l'intérieur. »

Le verdict du jury déclare que la mort des trois victimes de l'explosion est due au hasard (« *accidental* » suivant la formule); mais il recommande aux compagnies de chemins de fer « de faire « examiner les chaudières des locomotives à des intervalles *de trois* « *ans au plus.* »

MÉMOIRE

SUR LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU TYROL MÉRIDIONAL.

Par M. de LAPPARENT, ingénieur des mines.

INTRODUCTION.

Depuis le jour où M. de Buch, par sa célèbre théorie de la formation des dolomies, appelait l'attention du monde savant sur la vallée de Fassa, le Tyrol méridional a été le rendez-vous des observateurs, et ce petit coin de terre, depuis longtemps fameux par l'ample moisson qu'il offrait aux minéralogistes, est devenu le sujet des discussions les plus fécondes pour la science géologique.

Avant M. de Buch, deux travaux importants prouvent déjà l'intérêt qui s'attache à cette contrée, celui de Brocchi, publié en 1811, et contenant une description assez fidèle des gîtes minéraux, et celui du comte Marzari Pencati, qui fait connaître, en 1819, le contact du calcaire et d'une roche granitique à Canzacoli.

Mais c'est seulement en 1822 que les lettres du célèbre géologue allemand font du Tyrol une terre classique, où tous les savants vont accourir à l'envi, les uns pour attaquer, les autres pour défendre les idées de M. de Buch, quelques-uns pour agrandir, par de nouvelles recherches, le champ des observations. Il suffit de citer les noms de MM. de Humboldt, Élie de Beaumont, Scrope, Murchison, G. Rose, Cordier, Fournet, Naumann, Kjerulf, de Beust, de Hauer, de Cotta, pour donner une idée de l'importance de

ce concours de savants, à la curiosité desquels la découverte des fossiles de Saint-Cassien vient offrir, vers 1830, un nouvel aliment.

Cependant, il manquait encore un travail d'ensemble qui vînt coordonner les éléments dispersés dans les nombreuses publications dont le Tyrol avait été l'objet, lorsque, en 1852, l'*Union géologique et minière pour le Tyrol et le Vorarlberg* (*Montanistiche Verein*) fit paraître une grande carte géologique. œuvre importante à laquelle M. Trinker prit une part considérable. La même année, MM. Liebener et Vorhauser publiaient leur excellente *Description des minéraux du Tyrol.*

A partir de ce moment, la tâche des géologues se trouva très-simplifiée, et il devint possible de se livrer avec fruit à des études d'ensemble, au lieu de se borner, comme autrefois, à une particularité de la structure du pays. C'est alors que M. le baron de Richthofen entreprit de revenir, de manière approfondie, sur la géologie du bassin de l'Avisio, comprenant le Val di Fassa, le Val di Fiemme, le territoire des Dolomies, et celui de Saint-Cassien.

Familiarisé par des études antérieures avec la structure des Alpes du Tyrol; très au courant, déjà, de la question des mélaphyres, qu'il avait traitée lui-même dans ses « *Remarques sur la séparation du mélaphyre et du porphyre augitique; Vienne*, 1859, » M. de Richthofen parcourut en tous sens, pendant l'été de 1860, le territoire situé entre Botzen, Neumarkt, la Cima d'Asta et Buchenstein, et publia les résultats de ses observations dans sa « *Description géologique des environs de Predazzo, de Saint-Cassien, et de l'alpe de Seiss* (*Geognostiche Beschreibung der Umgegend von Predazzo, Sanct-Cassian, und der Seisser alpe. Gotha, Justus Perthes;* 1860). »

Cet ouvrage remarquable, qui mérite d'être cité comme un modèle du genre, bien qu'on puisse n'en pas accepter toutes les conclusions, se compose d'une carte à grande

échelle, de nombreux profils, et d'une description détaillée divisée en trois parties : la première comprend l'examen des diverses formations, éruptives ou sédimentaires ; la deuxième suit leur développement sur le terrain et étudie leurs rapports mutuels ; la troisième est une esquisse historique des diverses révolutions qui ont contribué à donner au sol du pays son relief actuel.

C'est le travail de M. de Richthofen qui m'a servi de guide dans les études dont les résultats sont consignés dans ce mémoire, qui, d'ailleurs, embrasse un cadre beaucoup plus restreint. La carte du géologue autrichien à la main, j'ai visité les environs de Brixen, de Klausen et de Neumarkt, parcouru la vallée de Fassa, l'alpe de Seiss, le val di Monzoni, le val san Pellegrino, le val di Fiemme. Enfin, j'ai consacré plus de temps qu'on ne le fait d'ordinaire aux alentours de Predazzo. M. de Richthofen avoue que, pendant son séjour dans cette dernière région, diverses circonstances fâcheuses, et notamment la rigueur exceptionnelle de la saison, ont rendu ses observations très-incomplètes. Que cette explication me serve d'excuse et me justifie d'avance du reproche de témérité, si, par la suite, je me trouve amené à combattre plusieurs des conclusions du savant distingué dont l'œuvre m'a été d'ailleurs si utile. Je n'ai décrit aucune roche sans avoir sous les yeux les échantillons recueillis par moi, et dont l'École des mines possède une collection complète ; enfin j'ai cherché, par un examen minéralogique attentif, et de nombreux essais au chalumeau, déterminer autant que possible la nature de leurs éléments ; sans doute il aurait été nécessaire d'y joindre quelques analyses quantitatives, mais indépendamment du temps qu'il eût fallu y consacrer, l'extrême difficulté des analyses de roches aurait rendu les résultats d'un pareil travail trop incertains, entre des mains aussi peu expérimentées que les miennes.

Je terminerai en remerciant ici M. Friedel, attaché au ser-

vice des collections de l'École, pour le secours qu'il a bien voulu me prêter dans la détermination des minéraux.

Toutes les indications données dans ce mémoire pourront être facilement suivies sur la carte de M. de Richthofen; je n'ai pas cru devoir la reproduire ici, n'étant pas suffisamment en mesure d'y apporter toutes les corrections et les améliorations qu'elle comporte.

Aperçu général sur la constitution géologique du Tyrol méridional.

L'âge relatif des formations sédimentaires et la succession des roches éruptives ont été très-bien établis par M. de Richthofen. Aucun fait, de l'aveu même de M. de Cotta, n'est encore venu démentir ses conclusions dans ce qu'elles ont de général; le seul reproche peut-être qu'on soit en droit de lui adresser, c'est d'avoir voulu reconstituer avec trop de précision l'histoire de la géologie du Tyrol méridional, et de s'être engagé, en décrivant des détails d'ordre secondaire, dans des conjectures quelquefois hasardées. Quoi qu'il en soit, il a su démêler avec sagacité les traits principaux de cette histoire, qui peut se résumer, d'après lui, de la manière suivante :

La formation la plus ancienne de toute la contrée est celle des schistes cristallins ; ils affleurent, au Nord, sur de vastes étendues, mais n'occupent, au Sud, qu'un espace assez restreint en avant du massif granitique de la Cima d'Asta, qui les a relevés au Sud, pendant que le granite de Brixen rompait leur continuité au Nord. La diorite de Klausen a suivi de près cette double éruption.

Alors commence une longue période de calme, pendant laquelle tout le territoire du Tyrol méridional dut rester émergé jusqu'au commencement du trias, car les formations intermédiaires manquent absolument. La période triasique est inaugurée par l'éruption de puissantes masses

porphyriques qui viennent s'épancher en nappes à la surface des schistes cristallins, argileux ou micacés, et forment un grand plateau continu. Vers la fin, ces éruptions prennent un autre caractère, et donnent naissance à des tufs stratifiés; puis les matériaux fins et ceux qui proviennent de la destruction des porphyres, forment, par leur dépôt, le grès rouge de Gröden, dont les couches inférieures sont encore dépourvues de fossiles. Mais la nature du dépôt change peu à peu, une riche faune apparaît, et l'étendue de la mer tyrolienne continuant à croître, la dolomie de Mendola vient recouvrir les couches précédentes.

Son dépôt est subitement interrompu par une violente catastrophe. De puissantes éruptions se succèdent alors sans discontinuer jusqu'à la fin du trias, avec de fréquentes variations dans leur intensité et dans la nature de leurs produits. Le principal foyer de l'activité plutonique est la partie supérieure du val de Fassa, où les tufs abondent, tandis que les environs de Predazzo se font remarquer par la variété des roches à structures granitique, porphyrique ou compacte. Tandis que les mélaphyres basiques (porphyres augitiques) et leurs tufs remplissent la contrée de Fassa, celle de Predazzo voit se succéder la roche du Monzoni, le granite à tourmaline, le porphyre à ouralite, le mélaphyre, la porphyrite à liebénerite, et le porphyre syénitique.

C'est pendant cette période, et sous les influences les plus multiples, que se développe la riche faune de Saint-Cassien. Puis les éruptions cessent et font place au dépôt des célèbres dolomies et des calcaires du trias supérieur, recouverts par les couches de Raibl, dernier étage de la formation triasique. Pendant le dépôt du lias, le Tyrol méridional s'élève peu à peu hors de la mer, qu'il refoule de plus en plus loin vers l'Est. Enfin, depuis cette période, le territoire de Predazzo et de Saint-Cassien n'a plus été recouvert par les eaux.

Telle est, en peu de mots et à grands traits, l'histoire géologique du Tyrol méridional; nous allons maintenant passer en revue ces diverses formations, en respectant l'ordre de succession qui vient d'être établi.

Schistes anciens; granite et diorite.

Schistes anciens. — Les schistes cristallins, qui servent de base à toutes les formations géologiques du Tyrol méridional, présentent dans leur composition de nombreuses différences; on trouve des schistes argileux, des micaschistes, des schistes chloritiques. A Theiss, près de Klausen, les micaschistes sont d'un blanc d'argent, à éclat soyeux prononcé; si l'on rapproche cette circonstance de ce fait, que le mica magnésien devient argentin et opaque par la calcination, il ne sera pas invraisemblable d'admettre que la chaleur a pu venir modifier, après coup, l'état physique des schistes de Theiss.

A la Cima d'Asta, on rencontre des schistes micacés extrêmement durs, et à grain particulièrement fin, contenant en abondance des leucitoèdres de grenat almandin qui atteignent jusqu'à 1 centimètre de diamètre, et sont très-recherchés par les collectionneurs; le grenat forme des noyaux dans la pâte du schiste, et ne se trouve jamais en géodes.

Granite. — Nous avons déjà dit que le granite affleure au Nord, près de Brixen, et au Sud à la Cima d'Asta.

Le granite de Brixen forme un massif d'une grande hauteur, mais d'une étendue peu considérable, qui a surgi au milieu des schistes micacés, entre le Brenner et le plateau du Tyrol méridional. Il est traversé dans toute sa longueur, depuis Mauls jusqu'au défilé de Franzensfeste, par la vallée profonde de l'Eisack, qui se jette à Botzen dans l'Adige.

La Cima d'Asta est une montagne granitique, élevée de 2.600^{m} au-dessus du niveau de la mer. La roche qui la constitue présente une identité frappante avec celle de Brixen. Toutes deux sont formées par un mélange à grain cristallin de quartz blanc grisâtre, d'orthose blanche, et d'oligoklase blanche, avec mica noir ferrugineux irrégulièrement disséminé : on y trouve aussi de l'amphibole. Le grain est assez variable, mais jamais la roche n'est à grandes parties. Dans toute la contrée on rencontre des blocs erratiques de ce granite qui ont été apportés à des hauteurs considérables, notamment à Theiss ; en outre, au sortir du défilé de Franzensfeste, là où la vallée s'élargit tout d'un coup, se trouvent des accumulations énormes de terre et de blocs de granite qui donnent une idée de la violence des courants auxquels la vallée de l'Eisack doit sa formation.

On n'a pas observé d'actions de contact exercées par le granite sur les schistes cristallins.

Diorite. — La diorite est très-secondaire par rapport au granite ; on la rencontre aux environs de Klausen, où elle forme plusieurs petits massifs qui se distinguent nettement, par leurs formes escarpées, des schistes environnants ; elle est constituée par de l'oligoklase blanche et de l'amphibole fibreuse (strahlstein). Son grain est assez variable : tantôt elle est presque compacte, tantôt les cristaux y sont très-distincts et lui donnent l'aspect d'un gabbro à gros grain. En face de Theiss, la diorite à gros grain est traversée par des veines régulières de chaux carbonatée ; il est probable que le calcaire n'est pas là seulement un produit d'altération, mais qu'il entre dans la roche comme élément constitutif. La diorite est traversée par un grand nombre de fissures, dans lesquelles il semble qu'il y ait une direction prédominante ; en outre on y trouve des filons de galène et de pyrite de cuivre ; et, dans son voisinage, les schistes micacés renferment des minerais de zinc.

Les actions de contact de la diorite ne sont pas très-

faciles à observer; cependant à Klausen elle touche à un schiste siliceux faisant feu au marteau, et c'est dans son voisinage, à Theiss, que se rencontrent les schistes argentins dont il a déjà été question.

Porphyre quartzifère. — Le porphyre quartzifère forme un grand plateau qui s'étend depuis Klausen jusqu'aux montagnes de la Vénétie; la moitié de sa surface est recouverte par des formations plus modernes; néanmoins sa continuité est hors de doute.

Les éléments constitutifs sont en très-petit nombre, bien que par leur association ils donnent naissance à beaucoup de variétés; on n'y rencontre guère que du quartz, de l'orthose, de l'oligoklase et du mica.

Le *quartz* est souvent cristallisé sous forme de pyramides sans aucune trace de faces hexagonales; il est tantôt hyalin, tantôt gris enfumé; sa cassure est remarquablement conchoïdale, et, dans toutes les variétés, c'est lui qui domine quant au nombre des cristaux.

L'*orthose* ne manque jamais; sa couleur varie entre le rouge-chair et le rouge-brique; mais on trouve aussi des variétés vitreuses.

L'*oligoklase* accompagne assez souvent l'orthose; elle est en cristaux mâclés, de nuance claire.

Le *mica* magnésien est assez rare dans le vrai porphyre; on le trouve plus fréquemment dans les tufs; il est parfois remplacé par un minéral verdâtre, talqueux ou chloritique, qui donne à la roche une teinte verte.

Quant à la pâte, l'analogie conduit à la considérer comme composée de quartz et de feldspath.

Parmi les nombreuses variétés qui résultent de l'association de ces divers éléments, on peut distinguer :

1° Le porphyre de San Pellegrino, composé d'une pâte rouge chair, avec nombreux cristaux de quartz et des cristaux d'orthose lamelleuse, de même nuance que la pâte;

2° Porphyre des environs de Moëna, contenant beaucoup de quartz et très-peu de feldspath dans une pâte d'un vert noirâtre;

3° Porphyre de Neumarkt: pâte rouge brique foncée, avec diploèdres de quartz, oligoklase et orthose vitreuse en abondance;

4° Porphyre ou plutôt tuf porphyrique du sommet de la Margola, en blocs arrondis, vraisemblablement apportés par les eaux, où l'on distingue, à côté du quartz, deux feldspaths et de nombreuses paillettes hexagonales de mica; cette variété ne se trouve pas en place; il est fort probable que ce n'est qu'un tuf;

5° Porphyre de Seiss (entre Kastelruth et Ratzes). Le feldspath a complétement disparu, et les cristaux de quartz sont implantés dans une pâte d'obsidienne noire, vitreuse et conchoïdale. Cette variété est très-intéressante, à cause de la coexistence de deux minéraux aussi dissemblables que le quartz et l'obsidienne : l'un dont on ne comprend guère la formation que par voie aqueuse, l'autre auquel on attribue partout une origine franchement ignée.

Les porphyres quartzifères du Tyrol se distinguent par leur tendance à la séparation prismatique; on peut très-bien l'observer en descendant l'Adige, au-dessous de Botzen; les deux murs porphyriques verticaux qui forment les flancs de la vallée sont découpés en une infinité de colonnes plus ou moins régulières, assez souvent pentagonales, et dont l'aspect est très-caractéristique.

A Neumarkt, il y a plutôt un clivage presque vertical, orienté S.-S.-O.—N.-N.-E., en vertu duquel la roche tend à se débiter en plaques; un second clivage, à peu près perpendiculaire au premier et que l'altération atmosphérique met en évidence, divise ces plaques en prismes quadrangulaires; enfin les bases des prismes se forment en vertu d'un troisième clivage dont la direction diffère peu de l'horizontale, et qui est remarquable par sa constance et sa ré-

gularité. Les faces des prismes sont généralement altérées sur quelques millimètres d'épaisseur, les eaux atmosphériques ayant pénétré à travers les fissures de la roche.

L'existence de ce nombre infini de fissures rend le voisinage des porphyres fort dangereux; le pied des escarpements est couvert par de gigantesques talus qui s'augmentent, à chaque hiver, de nouveaux débris, et la vallée de l'Eisack, entre Klausen et Botzen, a été plus d'une fois le théâtre de funestes éboulements.

Le porphyre quartzifère forme, au sud de la vallée de l'Avisio, une chaîne de montagnes qui précède le massif de la Cima d'Asta; ses formes extérieures sont très-découpées; cependant leur teinte noirâtre et l'absence des pics verticaux ne permettent pas de les confondre avec les dolomies de la vallée de Fassa.

Trias inférieur.

Grès de Gröden. — Il est difficile de tracer une limite parfaitement nette entre le porphyre quartzifère et le grès qui le recouvre, car la partie inférieure de ce grès est formée par un tuf porphyrique, en bancs horizontaux de peu d'épaisseur, mais très-compactes, qui alternent avec des lits de schistes à grain fin. Quelques géologues ont regardé ces couches compactes comme un porphyre régénéré. À cause de la netteté des cristaux qu'elles contiennent, M. de Richthofen les considère comme un véritable tuf. Il est certain que le feldspath y est très-brillant et lamelleux, et que les diploèdres de quartz ont souvent conservé la netteté de leurs arêtes.

La base du grès de Gröden peut très-facilement s'observer sur la route de Neumarkt à Cavalese; cette chaussée, remarquable comme travail d'art, commence par franchir l'escarpement porphyrique qui borde la vallée de l'Adige, et, dans ses diverses sinuosités, elle traverse trois fois les

couches inférieures du grès ; voici un exemple de leur succession :

A. Tuf d'un jaune grisâtre avec parties rouges, composé d'une pâte terreuse, tachetée, contenant des cristaux de quartz, de feldspath et de mica ;

B. Grès schisteux rougeâtre ;

C. Schistes verts micacés ;

D. Grès dur alternant avec les schistes verts. Plus on s'éloigne du porphyre et plus la couleur devient rouge ; en même temps le grain est de plus en plus fin ; il en résulte un grès rouge qui représente tout à fait l'équivalent du grès bigarré : on n'y a pas trouvé de fossiles.

Couches de Seiss. — Ces couches, toujours en stratification concordante avec le grès, se composent de calcaires sableux ou marneux, très-finement stratifiés, dont la nuance grise contraste avec la teinte rouge du grès ; il y a des lits entièrement composés de mica, qui provient sans doute de la destruction de schistes micacés. Les couches marneuses forment des strates de $0^m,30$ à $0^m,40$ d'épaisseur, se débitant en blocs dont l'intérieur est d'un gris bleuâtre, par suite d'une concentration de l'élément argileux, tandis que le pourtour est jaunâtre sur 15 millimètres environ de profondeur.

Les espèces fossiles y sont peu nombreuses, mais représentées par beaucoup d'individus. La posidonomya Claræ y est particulièrement abondante.

Couches de Campile. — L'étage de Campile est formé principalement par des roches argileuses, schisteuses et micacées, qui, vers le haut, sont recouvertes par des conglomérats rouges.

On trouve dans les couches de Seiss et de Campile les fossiles suivants :

Céphalopodes. *Ceratites cassianus.*
Gastéropodes. *Naticella costata ; Turbo recte-costatus.*

Pélizopodes.	*Posidomonya Claræ; P. aurita.*
Pectinides.	*Pecten discites; Spondylus reticulatus; Avicula Zeuschneri; Gervillia socialis; Myacites Fassaensis.*
Brachiopodes.	*Terebratula vulgaris* (rare).

On voit donc que ces couches correspondent à notre muschelkalk.

Trias supérieur.

Avec les couches de Campile finit l'étage inférieur du trias; à partir de ce moment, une nouvelle faune apparaît, dans laquelle on ne trouve plus une seule des espèces caractéristiques de la faune précédente. En outre, toutes les roches de l'étage supérieur contiennent de la magnésie, souvent en proportion très-notable.

Calcaires de Virgloria; couches de Mendola.— Les couches de Virgloria consistent principalement en calcaires bruns et noirs bitumineux; celles de Mendola sont des dolomies et des calcaires grisâtres. La dolomie est blanche, celluleuse et analogue à celle du Schlern, quoique bien antérieure.

Dans le val di Duron, on voit les couches dolomitiques d'un blanc éclatant succéder aux calcaires gris; la séparation est parfaitement horizontale et ne détermine aucune solution de continuité dans la pierre; cette circonstance est importante à noter, parce qu'elle semble prouver que cette dolomie était originairement déposée et n'a pas dû sa formation à l'action ultérieure d'eaux magnésiennes.

On trouve, en fait de fossiles :

C. de Virgloria.	*Terebratula vulgaris; Spirifer fragilis; Naticella costata; Retzia trigonella.*
C. de Mendola.	*Ammonites globosus; Natica; Turbo Suessii; Turbo subcoronatus; T. depressus.*

C'est à la fin de la période de Mendola qu'apparaissent les célèbres roches éruptives de la vallée de Fassa, dont

nous allons nous occuper; elles forment deux séries parallèles et contemporaines : l'une, basique et porphyrique, celle de Fassa; l'autre, acide et granitoïde, celle de Predazzo et du Monzoni; nous commencerons par cette dernière.

Roches éruptives de Predazzo et du Monzoni.

Les roches éruptives de Predazzo et du Monzoni se divisent en deux groupes bien distincts : l'un, par sa texture, appartient au type granitoïde; l'autre, bien qu'également acide, est nettement porphyrique et se compose de diverses variétés de mélaphyre, que nous décrirons avec les roches basiques de Fassa, et de porphyres feldspathiques; nous ne nous occuperons ici que du groupe granitoïde.

Avant tout, il convient de s'entendre sur les dénominations à adopter. Le plus grand désaccord règne à cet égard entre les géologues qui ont écrit sur le Tyrol méridional; les uns, ce sont les plus anciens, n'ont vu que du granite; d'autres, parmi lesquels M. de Richthofen, ont distingué deux types bien tranchés, et, d'après eux, nettement séparés, une syénite et une hypérite; d'autres enfin ont reconnu l'étroite parenté qui lie entre elles les diverses variétés observées, et les ont réunies tantôt sous le nom de diorite, tantôt sous celui de syénite, tantôt sous celui d'hypérite granitoïde. Cherchons à discuter la valeur de ces appellations.

La syénite, dit M. de Cotta dans sa Lithologie, est un mélange à grain cristallin d'orthose et d'amphibole, dont le type est la syénite de Plauen près Dresde; autour d'elle viennent se grouper, sous le nom de granites syénitiques, toutes les variétés plus complexes qui contiennent, associés à ces deux éléments principaux, du quartz, du mica et de l'oligoklase.

Or, d'après M. de Richthofen, la roche du Monzoni, à la-

quelle il a donné le nom de *Monzonsyénite*, contient de l'orthose, de l'oligoklase, de l'amphibole et du mica, souvent accompagnés de pyrite de fer; à ce titre, ce serait au moins un granite syénitique, et c'est ainsi en effet que la considère M. de Cotta.

Mais, d'une part, l'oligoklase ou, pour parler plus exactement, le feldspath strié, domine dans la roche type du Monzoni. MM. Liebener et Vorhauser n'y signalent même que du labrador. D'autre part, on a généralement oublié jusqu'ici, dans l'énumération des substances qui la constituent, un élément essentiel, le fer oxydulé; il existe dans toutes les variétés sans exception, même dans les plus acides et les plus granitoïdes, auxquelles il communique la propriété d'attirer le barreau aimanté, et il se trouve en proportion d'autant plus considérable que la roche est plus basique et de teinte plus foncée. J'insiste particulièrement sur ce fait de la présence du fer oxydulé, dont je tirerai plus tard des conséquences.

J'indiquerai donc, comme éléments constitutifs de la roche en question, un feldspath, généralement du sixième système, souvent labradorique, de l'amphibole, du mica, du fer oxydulé et de la pyrite, auxquels il faut quelquefois ajouter du pyroxène (d'après MM. Liebener et Vorhauser).

Quant à l'*hypérite*, que M. Richthofen a représentée comme traversant en filons la syénite sans avoir rien de commun avec elle, cette roche me semble au contraire intimement liée à la précédente, qu'elle accompagne toujours et à laquelle elle passe graduellement. M. G. Rose avait cru y reconnaître de l'hypersthène, et la texture beaucoup moins granitoïde de cette variété lui prête en effet un aspect assez voisin de celui des hypérites; mais, quelque soin que j'aie pris de recueillir les échantillons types aux endroits indiqués par M. de Richthofen, je n'ai pu y voir autre chose que de l'amphibole avec mica, fer oxydulé et pyrite au milieu du labrador. Partout où la matière fibreuse vert

sur laquelle il pourrait y avoir doute se présente en cassures nettes, on y reconnaît le double clivage de l'amphibole, et sa facile fusibilité au chalumeau, quand elle n'est pas trop intimement pénétrée de fer oxydulé, l'éloigne nettement de l'hypersthène. Enfin j'ajouterai que MM. Descloizeaux et Friedel, qui ont bien voulu examiner la question, l'ont résolue dans le même sens.

Je réunirai donc en un seul type l'hypérite et la monzonsyénite de M. de Richthofen; mais alors quel nom faudra-t-il lui donner? ceux de syénite, de diorite, de diabase sont tous trop particuliers, et chacun d'eux exclut un ou plusieurs des éléments constitutifs de la roche; en sorte que le meilleur parti à prendre serait de réserver la question jusqu'à plus ample informé, en adoptant la dénomination de *Roche granitoïde du Monzoni :* malheureusement elle est trop longue pour pouvoir être employée commodément dans le discours. Je proposerai donc de la condenser, en quelque sorte, en la remplaçant par le nom de *Monzonite.* J'insiste seulement sur ce qu'il ne s'agit pas d'introduire un nom nouveau dans la science : ce serait tout au moins prématuré dans le cas actuel, car il peut se faire qu'un examen minéralogique et géologique bien complet prouve que la roche du Monzoni se rattache directement à un type déjà connu : il s'agit seulement d'adopter, à titre provisoire, une *étiquette* qui a le double mérite d'être courte et de ne rien préjuger, et c'est pour cette raison que je la conserve, en attendant qu'on puisse se prononcer avec certitude.

Cela posé, j'arrive à la description des diverses variétés qui constituent le genre *Monzonite*, défini comme un mélange à grain cristallin, c'est-à-dire granitoïde, pouvant contenir du feldspath, de l'amphibole, du mica, du fer oxydulé et de la pyrite.

Monzonite.

On rencontre, tant à Predazzo qu'au Monzoni, un grand nombre de variétés qui diffèrent les unes des autres par l'acidité du feldspath et sa proportion relativement aux autres éléments ; quelques-unes ont le caractère granitoïde tellement prononcé qu'on les a pendant longtemps classées parmi les granites, tandis que d'autres, par leur grain et leur aspect extérieur, se rapprochent beaucoup des roches trappéennes ; mais ce ne sont là que des différences de structure, et il est facile de se convaincre que toutes ces variétés forment en réalité une série continue, depuis le type le plus acide jusqu'au plus basique. Dans cette série, nous distinguerons les variétés suivantes, en commençant par le plus acide.

1° *Monzonite granitoïde.* — Mélange d'orthose et d'un feldspath du sixième système, d'amphibole, de mica brun-noir ferro-magnésien, avec quelques grains cristallins brillants de fer oxydulé.

Cette roche forme la plus grande partie du massif éruptif de la margola ; son grain est assez fin : mais on la retrouve, avec un grain beaucoup plus gros, dans le val Travignolo, près du pont de Boscampo ; on y distingue deux feldspaths : l'un d'un blanc mat, l'autre légèrement rosé, tous deux à cassure résineuse, de sorte que, quand les échantillons ne sont pas tout à fait frais, on pourrait être tenté de croire à la présence du quartz ; cependant ce minéral manque absolument. Le mica forme des prismes hexagonaux aplatis, le plus souvent associés à l'amphibole, dans laquelle le fer oxydulé est toujours implanté ; très-souvent les lames de mica sont appliquées sur les clivages de l'amphibole. L'aspect général de cette roche est franchement granitoïde.

On trouve, dans l'ouvrage de M. Roth, une analyse de cette variété faite par M. Kjerulf, qui a donné les chiffres suivants :

Silice.	58,05
Alumine.	17,71
Protoxyde de fer	8,29
Chaux.	5,81
Magnésie.	2,07
Potasse	3,24
Soude.	2,98
Perte au feu.	1,34
	99,49

Ce mélange est donc un peu plus acide que la syénite de Plauen, qui contient 55 pour 100 de silice; mais il est encore très-éloigné des granites auxquels on l'avait primitivement rapporté. M. Kjerulf a constaté qu'on pouvait le considérer comme composé de 1000 parties du mélange normal trachytique et de 2352 parties du mélange pyroxénique de M. Bunsen: il appartient donc nettement à la série des roches basiques.

Une variété tout à fait analogue, bien que plus riche en amphibole, se rencontre au mont Mulatto. L'orthose y est rouge-chair, très-brillante, et l'oligoklase est d'un blanc jaunâtre.

2° *Monzonite normale.* — Le feldspath strié y domine; il est d'un blanc légèrement verdâtre, à éclat résineux; les acides l'attaquent en partie, et, dans la dissolution, débarrassée du fer et de l'alumine, l'oxalate d'ammoniaque donne un précipité très-appréciable; c'est donc sinon du labrador, du moins une variété feldspathique très-rapprochée de cette espèce.

L'amphibole y est abondante; elle se présente en masses clivables d'un vert foncé, à éclat demi-métallique; souvent elle se sépare dans la roche en masses bacillaires d'un beau noir, à éclat vitreux. Quant au mica, il semble appartenir à la variété que M. Breithaupt a désignée du nom de rubellane, et qui s'altère à l'air en prenant une teinte rougeâtre; il entoure généralement les cristaux d'amphibole

ou bien il s'applique sur leurs clivages; enfin la continuité des lamelles de mica est souvent interrompue par des noyaux feldspathiques. La pyrite de fer y est très-fréquente. Le fer oxydulé est concentré en grains cristallins sur l'amphibole.

Le grain de la roche est assez variable; on peut distinguer :

1° Une variété à grain assez fin, de nuance verdâtre, au val di Monzoni;

2° Une variété plus granitoïde, au val San Pellegrino.

3° Enfin, dans le val di Monzoni, on rencontre une variété, faussement désignée comme hypérite, probablement à cause de son aspect, et où les éléments sont beaucoup mieux séparés : le feldspath est du labrador, comme l'établissent nettement ses réactions avec les acides et l'oxalate d'ammoniaque; il est d'un blanc verdâtre, ne présente pas de clivages nets, et forme, dans la roche, de grandes parties à structure amorphe.

L'amphibole et le mica sont toujours associés, et le fer oxydulé, en grains noirs abondants et cristallins, imprègne les cristaux d'amphibole de telle manière, qu'il est difficile d'obtenir une parcelle de ce silicate qui, réduite en poudre, n'abandonne pas encore quelque chose au barreau aimanté; les noyaux de fer oxydulé ont jusqu'à 2 ou 3 millimètres de diamètre.

Non loin de ce gisement on trouve une roche qui présente avec la précédente une grande analogie extérieure, mais où tout le mica est devenu d'un rouge pelure d'oignon; en même temps, la matière feldspathique est pénétrée de calcaire qui se sépare quelquefois en lamelles; elle fond au chalumeau avec un boursouflement intense comme la paranthine; cependant elle n'est pas complétement soluble dans les acides; ces caractères font présumer que la variété en question doit être rapportée à la série des actions de contact de la monzonite et du calcaire triasique.

3° *Monzonite micacée.* — Cette variété, qui se rencontre aussi bien au Monzoni qu'à Predazzo, et qu'on peut très-facilement observer au pied de la Margola, est notablement plus basique que les précédentes; elle se distingue surtout par l'abondance du mica brun noir ferro-magnésien, dont les paillettes sont assez régulièrement distribuées suivant des surfaces planes miroitantes, ayant jusqu'à 1 demi-centimètre carré. Le feldspath, d'un blanc verdâtre et strié, paraît être du labrador; l'amphibole y est verte et filamenteuse. Le fer oxydulé s'y rencontre également.

M. Delesse a analysé cette variété (*Études sur le métamorphisme*) et a trouvé :

Silice.	50,80
Alumine.	16,20
Protoxyde de fer.	14,37
Chaux.	00,00
Magnésie.	3,53
Alcalis.	3,90
Perte au feu.	1,20
	100,00

L'acide chlorhydrique laisse 87,5 pour 100 de résidu inattaqué.

Cette roche passe par degrés insensibles à la variété suivante :

4° *Monzonite magnétique.* — Nous désignerons ainsi la variété la plus basique et la plus magnétique de toute la série; sa couleur est d'un vert franchement noirâtre; elle contient peu de feldspath, toujours strié, une assez forte proportion de mica, de l'amphibole, et une quantité considérable de fer oxydulé en grains cristallins, qui lui communique des propriétés magnétiques très-énergiques. La roche porphyrisée abandonne jusqu'à 1/6 et 1/5 de sa masse au barreau aimanté.

En outre, dans certains endroits le feldspath se sépare en grandes parties blanchâtres, au milieu desquelles se

développent de nombreux octaèdres assez nets de fer oxydulé. Cette circonstance s'observe très-bien au mont Margola, sur le nouveau chemin de voitures qui gravit le versant ouest. Cette roche est une de celles que M. de Richthofen avait rapportées à l'hypérite.

Il est impossible de méconnaître l'étroite parenté qui unit les diverses variétés de monzonite, car on peut établir, par une série d'échantillons, le passage insensible d'un type à un autre; néanmoins, cela ne veut pas dire qu'entre deux variétés voisines il y ait tous les intermédiaires nécessaires pour ménager la transition; ce cas se présente quelquefois, ainsi au mont Margola, où l'on voit la monzonite granitoïde passer graduellement à la monzonite magnétique par l'intermédiaire de la monzonite micacée; d'autres fois, une variété pénètre en filons dans une autre, et alors il est à remarquer que c'est la variété acide qui paraît être venue la dernière; ainsi j'ai recueilli près de Canzacoli un fragment où l'on voit des morceaux bréchiformes de monzonite magnétique, à la couleur noire bien tranchée, empâtés dans un filon de monzonite granitoïde de nuance très-claire.

Cet enchevêtrement constant des diverses variétés de monzonite est un fait très-remarquable; il est rare de voir une même espèce de roche se continuer sur une étendue un peu considérable : seulement les difficultés du terrain rendent fort difficile l'observation des passages; il serait intéressant de pouvoir en faire une étude approfondie, afin de décider si, partout comme à Canzacoli, les variétés basiques sont les plus anciennes; mais il est à présumer que la distance entre les périodes d'éruption a dû être très-peu considérable.

En somme, les massifs de Predazzo et du Monzoni paraissent avoir été formés par un mélange pâteux assez homogène, qui a cristallisé dans des conditions propres au développement de la structure granitoïde; c'est cette texture qui

a tout d'abord frappé les anciens observateurs, de sorte qu'ils ont cru avoir affaire à un granite; aussi se sont-ils donné beaucoup de mal pour expliquer comment une roche granitique avait pu se faire jour à travers une formation aussi moderne que le trias supérieur. Entre autres hypothèses, on a admis que le *granite syénitique* du Tyrol méridional avait été mécaniquement englobé par une éruption de mélaphyre, et en même temps si fortement réchauffé, que sa chaleur s'était communiquée au calcaire encaissant, où elle avait déterminé les puissantes actions de contact que l'on observe à Predazzo.

Cette hypothèse a été très-bien combattue par M. de Cotta, qui a fait valoir contre elle les raisons suivantes :

1° La grande irrégularité des massifs granitoïdes et la forme de leurs contours au contact des roches triasiques ne s'accordent pas avec l'idée d'une intercalation mécanique au milieu du mélaphyre.

2° La masse des filons de mélaphyre est si insignifiante relativement au volume des massifs granitoïdes, qu'on ne saurait attribuer aux premiers une action calorifique énergique.

3° La forme du contact de la roche éruptive avec le calcaire, et les blocs de ce calcaire qu'elle contient, prouvent qu'elle a dû posséder une assez grande plasticité; et ce serait dépasser toutes les bornes permises à une hypothèse que d'imaginer que la roche granitique, déjà existante à l'intérieur de la terre, aurait subi une refonte complète lors de l'éruption.

Le savant professeur de Freiberg ajoute que les roches se distinguent entre elles beaucoup moins par leur composition chimique que par le mode de groupement de leurs éléments, et qu'il y a bien des roches modernes qui ne diffèrent des roches anciennes que sous ce dernier point de vue; or le groupement des éléments paraît devoir être attribué aux circonstances qui accompagnent l'éruption; il

n'est donc pas étonnant de voir une formation granitoïde se développer, comme fait exceptionnel, à une époque quelconque, et parce que, jusqu'ici, on n'a observé que des granites anciens, on n'est nullement fondé à en conclure que le granite n'a pas pu se former dans toutes les périodes géologiques.

Ces observations, d'une justesse incontestable, prouvent qu'il n'y aurait lieu de recourir à aucune hypothèse spéciale pour expliquer la présence, à Predazzo, d'une roche granitique. Mais, après tout ce que nous avons dit de la composition minéralogique de la monzonite, il est facile de comprendre que, si cette roche se rapproche du type granitique par sa texture (encore cela n'est-il absolument vrai qu'à Predazzo), elle s'en éloigne notablement par sa faible acidité et par la nature de ses éléments minéralogiques. J'ai insisté précédemment sur la présence du fer oxydulé dans toutes les variétés de monzonite : je reviens encore sur ce fait, parce qu'il est très-constant et très-caractéristique, qu'il imprime aux roches granitoïdes en question un *caractère essentiellement moderne*, et qu'enfin il complète *la grande analogie que je crois devoir signaler entre la monzonite et le mélaphyre.* En effet, dans cette dernière roche on trouve un feldspath du sixième système, de l'augite, de l'amphibole et toujours des grains magnétiques : de plus, la teneur en silice oscille entre 50 et 55 pour 100 ; de sorte que, sauf la présence du mica, la composition minéralogique et chimique du mélaphyre serait semblable à celle de la monzonite basique, dont il ne différerait que par sa structure qui est porphyroïde.

Comme d'ailleurs ces deux roches sont contemporaines et ont fait éruption l'une au nord, l'autre au sud, après le dépôt de la dolomie de Mendola, on peut être conduit à se demander s'il n'y aurait pas lieu de considérer la monzonite comme un *équivalent granitoïde* du mélaphyre, c'est-à-dire comme un état cristallin différent de la même pâte, détermin

par les circonstances qui ont accompagné l'éruption. Déjà M. de Richthofen avait eu une pensée analogue à l'égard de l'hypérite (c'est-à-dire de notre monzonite magnétique) qu'il regardait comme un mélaphyre augitique réchauffé par la syénite et obligé alors, de prendre en cristallisant une structure granitoïde. Sans admettre cette influence calorifique de la monzonite, ne pourrait-on pas garder l'idée fondamentale de cette hypothèse, en la généralisant et en l'appliquant à toutes les variétés de monzonite? malheureusement il faut convenir que cette idée, très-séduisante en elle-même, vient se heurter contre une double objection : l'absence complète de passages de l'une des roches à l'autre, et la présence au milieu de la monzonite, de masses de mélaphyre très-voisin, par sa texture, des mélaphyres augitiques du val de Fassa. Ajoutons que la présence de l'orthose rendrait l'hypothèse en question inadmissible, au moins pour les variétés acides : laissons-la donc de côté et contentons-nous d'appeler seulement l'attention sur la remarquable similitude de composition qui existe entre les mélaphyres et la monzonite ; il suffit de constater cette similitude pour faire évanouir l'anomalie apparente que présente la position géologique des massifs granitoïdes du Tyrol méridional, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des considérations d'un ordre plus élevé.

A l'égard du fer oxydulé, il importe de faire une remarque qui s'applique aussi bien au mélaphyre qu'à la monzonite ; c'est que ce minéral y est toujours titanifère : la proportion de titane n'est pas assez forte pour être mise en évidence par le chalumeau, ni pour altérer le magnétisme de la substance ; mais sa présence n'a pas été mise en doute par M. de Richthofen, et l'on trouve une démonstration *à posteriori* de son existence dans ce fait qu'au voisinage du calcaire encaissant, la roche éruptive se pénètre de sphène.

Enfin la question a été tranchée par une analyse exécutée

au bureau d'essais de l'École des mines, où l'on a trouvé 2,67 pour 100 d'acide titanique dans des grains magnétiques cristallisés provenant de la monzonite du mont Margola.

La monzonite se débite en plaques, comme on peut l'observer dans les environs de Predazzo, auprès du val de Rif; mais ce caractère n'est pas partout constant.

La monzonite a exercé sur les calcaires et les dolomies triasiques au milieu desquels elle a fait éruption des actions de contact énergiques, qui ont donné lieu à la production de minéraux intéressants; l'étude de ces actions de contact formera un chapitre spécial, que nous reléguerons à la fin de ce travail.

Granite à tourmaline.

Au centre du massif granitoïde de Predazzo se trouve une roche extrêmement curieuse, dont l'origine reste encore un mystère, car elle n'a rien de commun avec les formations dont il vient d'être question; je veux parler du granite à tourmaline qui forme, au milieu de la monzonite, un noyau de peu de hauteur, traversé par les vallées de l'Avisio et du Travignolo, dans lesquelles on peut l'observer avec la plus grande netteté.

Ce granite se distingue de loin par sa couleur d'un rouge clair; il se compose d'un mélange d'orthose rouge et de quartz blanc grisâtre avec tourmaline remplaçant le mica. On peut distinguer deux variétés : l'une, franchement rouge, à cassure fraîche, dans le val Travignolo; l'autre, qu'on observe dans la vallée de l'Avisio, plus pâle et toujours altérée, mais d'une manière uniforme dans toutes ses parties, de sorte qu'il est extrêmement probable que cette altération a dû être contemporaine de l'éruption; la tourmaline n'y a pas échappé et a été transformée en une matière verte filamenteuse.

Dans la première variété, la tourmaline et le quartz se

concentrent souvent en géodes, dont les parois sont alors tapissées de prismes pyramidés de quartz hyalin, sur lesquels sont appliquées des baguettes noires et brillantes de tourmaline, souvent associées à de l'ilvaïte, d'après MM. Liebener et Vorhauser.

Dans la seconde, la tourmaline est également susceptible de se concentrer, non plus en géodes, mais en boules ou en noyaux ayant quelquefois la grosseur du poing, à structure très-finement fibreuse et rayonnée; en outre, elle est toujours accompagnée de noyaux de quartz hyalin amorphe, et, ce qui est plus étrange, de chaux carbonatée spathique; en général, ces éléments se succèdent dans l'ordre suivant, en allant des bords vers le centre : 1° granite à tourmaline altéré normal; 2° zone mince de granite moins altéré; 3° zone de quartz et de tourmaline; 4° noyau central de tourmaline, chaux carbonatée et quartz.

Les mouches de pyrite de cuivre sont très-fréquentes dans ces deux variétés de granites, et il arrive que, quand la tourmaline se réunit en boules, l'élément cuivreux s'y concentre aussi en nodules, toujours accompagnés de carbonate bleu ou vert. Cette circonstance est remarquable, surtout si on la rapproche de la présence de la chaux carbonatée, car l'existence de l'acide carbonique dans un granite est un fait anormal, et qu'on ne peut guère expliquer sans admettre l'intervention de puissants dégagements gazeux; maintenant d'où peut venir la chaux? ne serait-ce point de la roche elle-même, et cette concentration de la chaux au moment de l'éruption ne doit-elle pas être considérée comme la cause de cette altération uniforme qu'on y remarque? Cela paraît fort probable, car il serait impossible d'indiquer par quel chemin l'élément calcaire, venant du dehors, aurait pu se faire jour pour pénétrer dans toutes les parties de la masse; d'ailleurs la structure concentrique des séparations de tourmaline indique bien qu'il a dû se faire un véritable *départ chimique*, en vertu

duquel la tourmaline, le quartz et la chaux carbonatée se sont groupés ensemble; et il est fort remarquable que, tandis que la tourmaline répartie dans toute la masse de la seconde variété de granite est devenue verte et filamenteuse, celle qui s'est concentrée en boules est parfaitement noire, ce qui semble exclure l'idée d'une altération après coup par les eaux de la surface. Peut-être une étude chimique attentive donnerait-elle la clef de ces curieux phénomènes, et alors elle jetterait une vive lumière sur l'origine et le mode d'éruption du granite à tourmaline; mais, pour le moment, nous devons nous contenter de signaler ces circonstances sans hasarder d'explication; ajoutons que, d'après les auteurs de la *Description des minéraux du Tyrol*, la chaux fluatée et le scheelin calcaire se rencontrent quelquefois dans les noyaux de tourmaline.

Le granite de Predazzo a été analysé par M. Kjerulf, qui a trouvé :

Silice.	70,725
Alumine.	14,161
Protoxyde de fer.	3,225
Chaux..	1,026
Magnésie.	0,659
Potasse.	5,366
Soude.	2,544
Perte au feu	1,100
	98,806

Le même observateur a calculé que la roche peut être considérée comme formée de 1.000 parties de pâte normale trachytique et de 199 parties de pâte normale pyroxénique: c'est donc une roche essentiellement acide.

Le granite à tourmaline présente des séparations très-nettes, notamment dans le val Travignolo, où il est traversé par plusieurs séries de fissures parallèles qui le divisent en plaques ayant quelquefois moins de $0^m,15$ d'épaisseur. Parmi ces fissures, on distingue une direction dominante

dont le plan, orienté N.-E.-N.—S.-O.-S., fait un angle assez considérable avec l'horizon.

Le granite à tourmaline forme, avons-nous dit, le noyau central du massif granitoïde de Predazzo; sa puissance ne dépasse pas quelques centaines de mètres; sa hauteur au-dessus du niveau de la vallée est peu considérable, et il est de tous côtés entouré de monzonite, qui s'est élevée beaucoup plus haut.

Ces circonstances ont conduit M. de Richthofen à conclure que la période d'éruption de ce granite se place entre l'apparition de la monzonite et celle des derniers mélaphyres, et à former le diagramme (Pl. IV, *fig.* 6). La série des éruptions granitoïdes de Predazzo se trouverait ainsi fermée par une roche notablement plus acide que les autres; cependant il est juste de dire qu'aucun fait, jusqu'à présent, ne s'oppose d'une manière absolue à ce que l'on considère le noyau granitique comme antérieur à la monzonite, qui alors aurait fait éruption tout autour; la question nous paraît donc devoir être réservée jusqu'à ce qu'on ait fait des observations précises sur le contact, d'ailleurs assez difficile à étudier, de la monzonite et du granite.

Mélaphyres.

Nous avons à nous occuper maintenant de la série des éruptions porphyriques du trias supérieur; ces éruptions embrassent un territoire beaucoup plus étendu que celui qui est occupé par les roches granitoïdes dont nous venons d'achever la description; c'est surtout dans la vallée de Fassa et sur l'alpe de Seiss qu'elles se montrent avec toute leur puissance et que leur caractère plutonique s'accuse avec le plus de netteté; elles donnent naissance à de nombreuses variétés de roches, qui toutes viennent se ranger dans la grande classe des mélaphyres.

Les mélaphyres ont été jusqu'ici l'objet de tant de discussions et de théories qu'il est indispensable de définir,

avant tout, le sens que nous voulons attacher à cette dénomination. Nous comprendrons dans cette classe celle des roches du Tyrol méridional qui, au milieu d'une pâte d'un noir verdâtre, contiennent des cristaux de feldspath du sixième système, de pyroxène, d'amphibole et de fer oxydulé; c'est-à-dire que nous réunirons en un seul groupe ce que M. de Richthofen avait divisé en deux classes, celle du *mélaphyre* et celle du *porphyre augitique.*

M. de Richthofen a développé, dans une brochure datée de 1859, les considérations qui l'ont conduit à faire cette distinction; les voici en quelques mots :

Depuis Brongniart, le nom de mélaphyre a été appliqué à un si grand nombre de roches sans autre caractère commun que la teinte foncée de la pâte et l'absence du quartz qu'il n'a plus aujourd'hui de sens précis si l'on n'y joint pas, en même temps, le nom de l'observateur qui l'emploie. Frappé de cette confusion, l'historien de la géologie du Tyrol a cru devoir remonter à l'origine même du nom. Brongniart, en 1813, ayant défini le mélaphyre « une pâte noire d'amphibole pétrosiliceux enveloppant des cristaux de feldspath, » M. de Richthofen en conclut que le nom de mélaphyre doit être réservé aux roches qui contiennent de l'amphibole, et que celles où l'augite et l'élément essentiel doivent être réunies au porphyre augitique de M. de Buch. Il forme ainsi deux groupes : l'un acide, caractérisé par l'amphibole et l'oligoklase; l'autre basique, caractérisé par l'augite et le labrador.

Considérée en elle-même, cette distinction est assurément fort légitime; mais le choix des termes laisse à désirer. M. de Cotta, dans la deuxième édition de sa Lithologie, fait remarquer avec beaucoup de raison que lorsqu'une expression a été employée d'une manière aussi générale que celle de mélaphyre, c'est hasarder quelque chose de bien peu pratique que de venir en restreindre à ce point la portée. Il demande donc que l'on conserve le nom de mélaphyre,

comme une qualification en quelque sorte provisoire, que l'on appliquera aux roches éruptives compactes et à teinte foncée dont la composition n'est pas nettement définie, de même qu'on se sert encore aujourd'hui du mot de *grünstein* pour désigner des roches incomplétement déterminées, se rattachant, par tous leurs caractères, à la famille des diorites, des diabases et des gabbros.

Nous irons plus loin et nous demanderons que ce nom de mélaphyre soit conservé, non pas seulement à titre provisoire, mais comme une expression générique s'appliquant à *toutes les roches basiques de la série porphyrique*.

En effet, de même que la série granitique qui forme un ensemble bien défini, tant par ses caractères pétrographiques que par sa position géologique, a ses représentants acides dans les granites proprement dits, et ses représentants basiques dans les grünsteins; de même la grande famille porphyrique peut se partager en deux groupes caractérisés : le premier par les porphyres quartzifères et les porphyrites, le second par les mélaphyres; et comme les grünsteins se divisent en diorite et diabase, ainsi les mélaphyres peuvent se diviser en groupe amphibolique et groupe pyroxénique, à quoi il faut ajouter, comme dans la série granitique, les variétés compactes et les amygdaloïdes.

En définitive, les mélaphyres seraient l'*équivalent porphyrique* des grünsteins, auxquels ils ont succédé dans l'ordre des temps, et, au lieu de ne voir qu'une confusion fâcheuse dans l'incertitude qui a régné jusqu'ici sur la définition exacte du mot, il faudrait y reconnaître l'effet d'une sorte d'instinct secret, avertissant les géologues du lien étroit qui unit toutes ces roches de couleur noirâtre, échelonnées entre la période permienne et celle du Jura.

M. G. Rose avait bien saisi cette analogie, lorsqu'il faisait du porphyre augitique sa cinquième division des grünsteins (diorite, porphyre dioritique, hypérite, gabbro, porphyre augitique) ; néanmoins cette classification avait

l'inconvénient de réunir en un seul groupe des roches appartenant à des séries géologiques très-distinctes; or c'est une idée qui paraît devoir, à juste titre, prévaloir dans la classification des roches, qu'il faut avoir égard aux caractères géologiques au moins autant qu'à la composition minéralogique.

On peut alléguer encore contre le choix des termes employés par M. de Richthofen d'autres raisons qui, pour être d'un ordre moins élevé, n'en sont pas moins concluantes. L'auteur, pour justifier sa définition, invoque le cas des mélaphyres de l'Allemagne centrale, notamment du Thüringer-Wald, qu'il dit être composés d'amphibole et d'oligoklase, et, à propos des mélaphyres d'Ilfeld dans le Harz, il croit pouvoir tirer la même conclusion d'un premier travail de M. Streng, où cependant la question de la constitution minéralogique était réservée.

Or, depuis cette époque, M. Söchting et M. Girard ont cherché à établir que la plupart des mélaphyres, et ceux du Thüringer-Wald en particulier, se composaient d'augite et de labrador; et, dans une publication récente, M. Streng a montré que les éléments essentiels de la roche d'Ilfeld sont le labrador et un schillerspath alumineux, c'est-à-dire, d'après le même auteur, une modification pseudomorphique du pyroxène.

Il résulte de ces faits que, si l'on persistait dans la définition que nous combattons, on serait conduit à exclure de la classe des mélaphyres presque toutes les roches auxquelles cette dénomination a été primitivement appliquée et conservée par M. de Richthofen lui-même, pour y faire entrer des roches qui, comme le porphyre amphibolique de Potschappel, n'ont que très-peu de rapports avec les porphyres noirs de l'Allemagne centrale.

Ces considérations nous paraissent suffisantes pour justifier le maintien du nom de mélaphyres à toutes les roches porphyriques telles qu'elles ont été définies en tête de

chapitre; néanmoins la question des noms une fois vidée, il faut reconnaître que la division des mélaphyres du Tyrol méridional en deux classes est parfaitement fondée. Dans le Nord, les cristaux de pyroxène abondent dans la pâte, les variétés amygdaloïdes et les tufs dominent; l'éruption est à la fois basique et plutonique; dans le Sud, au contraire, les cristaux de feldspath dominent, les variétés amygdaloïdes manquent presque complétement, et la texture est ou compacte ou porphyrique à la manière des mélaphyres de l'Allemagne centrale; enfin la teneur en silice est plus grande. Nous sommes donc conduits à distinguer deux types, le *mélaphyre basique* ou *augitique*, et le *mélaphyre acide* ou *feldspathique*, entre lesquels viennent s'échelonner de nombreux intermédiaires établissant la transition d'une classe à l'autre; examinons successivement chacun de ces deux groupes.

I. *Mélaphyres basiques.*

1° *Mélaphyre normal de l'Alpe de Seiss.* — Le type normal des mélaphyres basiques ou augitiques est le porphyre à cristaux d'augite de l'Alpe de Seiss et du val di Duron; la *pâte* est d'un noir de basalte et assez compacte; on y distingue des cristaux de pyroxène augite et de labrador et des grains de fer oxydulé titanifère.

L'*augite* se présente en cristaux noirs, translucides et d'un jaune verdâtre en lames minces, à cassure conchoïdale, et clivables suivant g^1; mais les surfaces extérieures sont indéterminées, et l'altération atmosphérique elle-même ne met pas en évidence d'autres faces planes que celles des clivages. La dimension des cristaux varie entre 2 et 6 millimètres.

Le *labrador* est très-abondant, mais toujours en petits ndividus brillants, sur les faces desquels on reconnaît, à la oupe, les stries ou plutôt les cannelures caractéristiques

de cette espèce feldspathique; ils sont trop petits pour qu'on puisse les séparer de la pâte et les soumettre à l'analyse.

Le fer oxydulé titanifère forme des grains d'un noir légèrement brun, qu'on trouve aussi bien dans l'intérieur des cristaux d'augite que dans le reste de la pâte : il existe en proportion assez considérable dans la variété en question: car un morceau de cette roche fait faire le tour entier de la circonférence à un barreau aimanté librement suspendu.

On n'a pas étudié le mélaphyre augitique au point de vue chimique; j'ai cherché seulement à déterminer sa teneur en silice; la moyenne de deux analyses a donné [illegible] p. 100; d'après M. de Richthofen, la densité varie entre [illegible] et 3,1.

Le mélaphyre augitique normal paraît s'être épanché sous forme de nappes; il affecte assez souvent la séparation sphéroïdale en grand, ainsi dans le val di Duron; il en résulte que la surface extérieure de ses escarpements est remarquablement arrondie et lisse.

2° *Mélaphyre du mont Bufaure.* — On trouve au mont Bufaure, au milieu d'une grande formation de tufs éruptifs et d'amygdaloïdes, un mélaphyre qui présente, en gros, les mêmes caractères que le précédent; seulement les individus d'augite atteignent des dimensions plus considérables, et l'on voit de temps en temps apparaître les faces extérieures des cristaux; l'altération met surtout l'augite en évidence, car elle n'atteint que la pâte, qui prend alors une nuance terreuse sur laquelle tranche la couleur noire du pyroxène non altéré.

Cette variété établit la transition entre le type normal [illegible] le mélaphyre à gros cristaux d'augite; dans cette espèce, déjà voisine des tufs éruptifs, les individus d'augite [illegible] jusqu'à 15 millimètres de hauteur et 1 centimètre [illegible] grosseur; ils présentent la combinaison $Mg^1h^1b^{1/2}$ avec [illegible] base courbe *p;* ils sont, en outre, presque toujours

mâclés; leur cassure est tout à fait indéterminée. M. de Richthofen, à ce propos, signale avec beaucoup de raison l'espèce d'antagonisme qui paraît exister entre la netteté des faces extérieures des cristaux et celle de leurs clivages; cette observation est pleinement confirmée dans les mélaphyres du Tyrol : plus les individus cristallins sont formés, et moins leurs clivages sont faciles.

3° *Mélaphyre amygdaloïde.* — Le mélaphyre augitique est susceptible de prendre une structure amygdaloïde, ainsi qu'on l'observe sur l'alpe de Seiss, notamment au Frombach et à Cipit, où la roche est mise à nu dans le lit d'un torrent; cette variété se distingue des autres par sa couleur verte beaucoup plus claire et par les zéolithes qui remplissent ses nombreuses cavités. Les cristaux d'analcime du Frombach sont depuis longtemps célèbres; ce sont de gros leucitoèdres, d'un blanc laiteux légèrement rosé, accompagnés de lames transparentes d'apophyllite et de mésotype fibreuse. La couleur verte ne paraît pas devoir être attribuée à une altération superficielle, car elle existe dans toute la masse; il est beaucoup plus probable que la transformation que cette couleur accuse est en rapport direct avec le phénomène qui a donné naissance aux zéolithes; car ces minéraux se sont évidemment formés aux dépens de la roche.

4° *Tufs éruptifs.* — Un développement encore plus prononcé de la structure amygdaloïde nous amène aux tufs éruptifs de Bufaure (ainsi nommés par M. de Richthofen); la pâte de ces tufs éruptifs est un peu terreuse et contient de gros cristaux d'augite et une quantité considérable de nodules irréguliers de quartz hydraté (calcédoine bleuâtre, opale commune) et de chaux carbonatée; cette dernière forme généralement des boules à surface rugueuse; mais on la trouve aussi à l'état lamellaire. Cette roche n'est plus que faiblement magnétique, la plus grande partie du fer oxydulé ayant été transformée en fer hydraté sous l'action

des vapeurs humides et oxydantes qui ont présidé à la formation des tufs.

Les tufs éruptifs forment, soit des massifs irréguliers qu'on pourrait tout aussi bien ranger dans la classe des mélaphyres amygdaloïdes, soit de véritables conglomérats avec des fragments de mélaphyre et de calcaire dolomitique ; ces conglomérats affectent souvent une véritable stratification, comme on l'observe nettement sur l'Alpe de Duron, où l'on côtoie un escarpement d'une grande puissance et qui est formé d'un grand nombre d'assises horizontales de tufs ; il est impossible de méconnaître le rôle que l'eau a dû jouer dans le dépôt de ces assises ; ces tufs contiennent beaucoup de zéolithes ; on y trouve surtout la stilbite et la heulandite rouges et l'analcime (cube tripointé d'Haüy) ; quelquefois aussi on rencontre des géodes tapissées d'améthyste.

Altérations. — Le mélaphyre augitique est susceptible de plusieurs modes d'altération, entre lesquels il faut distinguer ceux où la transformation doit être attribuée aux agents atmosphériques, et ceux où elle est plus profonde, plus uniforme et paraît contemporaine de l'éruption.

Dans le premier cas, la pâte devient terreuse, et les cristaux d'augite se détachent en noir ; ce caractère est commun à tous les mélaphyres augitiques et les distingue des mélaphyres feldspathiques, où ce sont les cristaux de feldspath que l'altération met en évidence.

Dans le second cas, le pyroxène est le plus souvent transformé en céladonite (terre verte), toujours accompagné de chaux carbonatée lamellaire, ce qui n'a rien d'étonnant puisque le pyroxène augite, pour passer à l'état de céladonite, devrait abandonner 20 p. 100 de chaux ; on distingue en outre, dans la roche, des noyaux feldspathiques rougeâtres, et la pâte a pris une nuance violette foncée ; d'autres fois, le pyroxène est transformé en asbeste fibreuse et, au milieu des cristaux ainsi altérés, on trouve, soit

l'ocre terreux, soit de l'épidote, mélangés à la chaux carbonatée.

En résumé, le caractère général des mélaphyres basiques est la prédominance du pyroxène augite sous la forme de cristaux ou de masses clivables noires, à cassure conchoïdale; la pâte n'est jamais compacte et homogène à cause du nombre considérable des individus de feldspath, d'ailleurs très-petits, et dont les facettes cristallines forment comme un tissu miroitant, de sorte qu'on ne peut pas obtenir de cassures à surfaces nettes.

Au contraire, dans les mélaphyres acides, les cristaux de feldspath dominent, quant à la grosseur, et le pyroxène, lorsqu'il s'en trouve, se présente en masses vertes, à éclat soyeux, clivables, mais sans formes extérieures déterminées. Ces deux types extrêmes sont reliés par des variétés intermédiaires qu'on serait fort embarrassé d'attribuer à l'un ou à l'autre.

II. *Mélaphyres intermédiaires.*

La plus remarquable de ces variétés est celle que l'on trouve au sommet du mont Margola; la pâte est d'un blanc légèrement verdâtre, et fond sur les bords, au chalumeau, en un verre translucide, ce qui permet de croire qu'elle est presque exclusivement feldspathique. Elle contient des cristaux verts de pyroxène ayant la forme de l'augite, à faces cristallines souvent nettes, et, dans ce cas, difficilement clivables; en outre, on distingue de nombreuses masses bacillaires d'amphibole à demi transformée en asbeste.

Le sommet de la Margola étant couvert d'une abondante végétation, il est très-difficile de définir les contours du mélaphyre en question, qui ne s'observe qu'en blocs. M. de Richthofen le regarde comme formant un petit massif spécial; mais il ne paraît pas impossible que ce ne soit que le prolongement du mélaphyre du mont Mulatto, qui est séparé de la Margola par le val Travignolo.

C'est dans la même classe qu'il faut ranger certains mélaphyres qui se présentent, en filons de 1 ou 2 mètres, dans le calcaire triasique sur la Margola, et qui affectent, sur les bords, un mode d'altération particulier; les cristaux de pyroxène se clivent avec une extrême facilité suivant g¹; mais les lames minces qu'on obtient ainsi ont un éclat intermédiaire entre l'éclat soyeux et l'éclat métallique, et se laissent aisément rayer au canif en donnant une poussière blanche; évidemment il y a là une pseudomorphose; en outre, les cristaux paraissent formés d'individus emboîtés les uns dans les autres.

D'autres variétés intermédiaires se rencontrent dans le val di Viesena et dans le val de l'Avisio, un peu au-dessus de Predazzo; les cristaux de pyroxène y sont de plus en plus rares, et prennent de plus en plus la teinte verte et l'éclat soyeux; on arrive ainsi, par degrés insensibles, au groupe des mélaphyres acides.

III. *Mélaphyres acides.*

1° *Mélaphyre acide normal.* — Le type du mélaphyre acide ou feldspathique normal se rencontre au mont Mulatto; il est caractérisé par la présence de cristaux de feldspath de 2 à 6 millimètres de longueur, régulièrement disséminés dans une pâte compacte semblable à celle des basaltes; l'amphibole y est très-rare; le pyroxène en masses soyeuses vertes est un peu plus fréquent; le fer oxydulé titanifère ne manque jamais, et forme des grains d'un noir brun dans la pâte ou dans les cristaux; enfin on trouve aussi de la pyrite.

La densité de la roche varie entre 2,60 et 2,78; sa teneur en silice est d'environ 55 p. 100. M. Trinker en avait fait un porphyre dioritique, et M. Kjerulf un porphyre doléritique.

M. de Richthofen considère le feldspath de ce mélaphyre comme de l'oligoklase, et la pâte comme formée d'oligoklase

et d'amphibole. Mais cette opinion n'est basée sur aucune donnée analytique, et, comme le feldspath des mélaphyres acides est, par ses caractères extérieurs et ses cannelures, identique à celui du porphyre augitique, il sera permis, jusqu'à nouvel ordre, de mettre en doute une détermination que les idées préconçues de l'auteur sur la composition des mélaphyres en général rendent très-suspecte. C'est donc là une question qui doit être réservée, d'autant mieux qu'il règne encore aujourd'hui une très-grande incertitude sur la définition exacte des espèces feldspathiques, et que l'amphibole à l'état compacte ne peut pas être distinguée du pyroxène.

Un des caractères distinctifs du mélaphyre acide est la manière dont il se comporte sous l'influence des agents atmosphériques; la pâte résiste très-bien, sans doute à cause de sa compacité; mais le feldspath est attaqué, devient blanc, ce qui donne à la roche une certaine ressemblance avec le *porfido verde antico*, puis complétement terne, et finit quelquefois par disparaître entièrement, de sorte qu'il en résulte une roche cariée, comme on peut l'observer au mont Mulatto.

Le mélaphyre acide affecte la séparation prismatique, par suite de l'existence de trois directions de fissures qui le divisent en plaques; on croirait souvent voir une roche stratifiée redressée; les parois des plaques sont toujours un peu altérées.

2° *Mélaphyre compacte.* — Le mélaphyre acide normal alterne, au mont Mulatto, avec une variété compacte, dans laquelle on ne distingue plus qu'avec le secours de la loupe les cristaux de feldspath, et qui ressemble d'une manière frappante à un basalte sans péridot; elle en a la cassure nette et à arêtes vives, et de plus elle se clive suivant certaines directions, faisant entre elles des angles de 60 degrés, de manière à donner parfois des prismes à six pans; le mélaphyre compacte est enchevêtré d'une manière

très-irrégulière dans la variété normale, et l'on peut obtenir, sur le même échantillon, un fragment bréchiforme de l'une de ces deux espèces empâté dans l'autre.

Les nombreuses fissures, souvent imperceptibles, qui traversent la roche en tous sens, ont servi de passage aux eaux de la surface, de sorte qu'il est très-difficile d'obtenir une cassure fraîche.

Le mélaphyre compacte est magnétique.

Mélaphyre amygdaloïde. — La variété qui vient d'être décrite passe, vers le sommet du mont Mulatto, à une roche curieuse, qui n'a encore été rencontrée qu'en blocs dans un ravin, la montagne étant très-élevée et difficile à gravir: c'est une sorte d'amygdaloïde à cristaux d'amphibole, qui présente les caractères suivants : la pâte est d'un noir verdâtre, compacte, et contient d'assez gros cristaux, noirs et très-brillants, d'hornblende basaltique, dont les individus atteignent 5 ou 6 millimètres de longueur; en outre, on y trouve des cavités nodulaires ayant jusqu'à 12 millimètres de diamètre, et qui sont entièrement remplies par de l'oligoklase à éclat un peu gras, à la cassure, tantôt lamelleuse et striée, tantôt inégale ou écailleuse. La roche est magnétique, bien que le fer oxydulé ne se distingue pas. Enfin, en examinant la pâte à la loupe, on y reconnaît un grand nombre de petites bulles, ayant la forme d'ellipsoïdes de révolution allongés, à surface nette et lisse, qui sont remplies de chaux carbonatée hyaline; ces bulles, que leurs faibles dimensions avaient dérobées jusqu'ici à l'attention des géologues, ont rarement plus de 2 millimètres de longueur, et leurs grands axes paraissent alignés à peu près suivant une même direction; c'est en vertu de cette observation que nous rangeons cette variété parmi les amygdaloïdes, car les nodules d'oligoklase sont de simples séparations, qu'il conviendrait mieux de comparer à des cristaux aux formes extérieures irrégulières.

Il est possible que la roche doive ce commencement

structure amygdaloïde à sa position au sommet de la masse de mélaphyre du Mulatto, dont les parties inférieures sont compactes; mais, avant de se prononcer sur ce sujet, il faut attendre qu'on l'ait observée en place, en admettant qu'il soit possible d'atteindre son gisement.

IV. *Porphyre à ouralite.*

Nous terminerons l'examen des mélaphyres par la description d'une roche qu'il eût été naturel, peut-être, de ranger parmi les mélaphyres intermédiaires, si son individualité n'était pas assez tranchée pour mériter une mention à part; il s'agit du *porphyre à ouralite*, cette variété mixte dont les cristaux ont la forme et les mâcles de l'augite, mais les clivages de l'amphibole. La pâte est celle des mélaphyres ordinaires; elle est magnétique et ne porte pas la moindre trace d'altération. On sait que M. des Cloizeaux a démontré, par l'examen des caractères optiques, que les cristaux d'ouralite résultent de l'association d'une foule d'individus microscopiques d'amphibole, assemblés suivant une loi déterminée; ce groupement doit avoir eu lieu au moment de l'éruption, car le porphyre à ouralite du Tyrol n'a gardé l'empreinte d'aucune action modifiante.

Le porphyre à ouralite se rencontre vers le sommet du mont Mulatto, et paraît faire suite au mélaphyre amygdaloïde, mais sur le versant opposé. Il serait superflu d'entrer ici dans des considérations théoriques sur le rôle de ce porphyre, qui montre quelle étroite parenté relie le groupe des amphiboles à celui des pyroxènes.

Actions de contact. — Les mélaphyres se sont trouvés très-souvent en contact avec les calcaires plus ou moins dolomitiques du trias; généralement ils n'ont exercé sur eux qu'une action tout à fait insignifiante; en allant de Predazzo vers Forno, on côtoie un escarpement sur lequel on voit plusieurs filons de mélaphyre dans la dolomie; au Bufaure

et à l'alpe de Duron, on trouve de nombreux fragments de dolomie et de calcaire grisâtre empâtés dans les tufs éruptifs; sur la Margola, on voit le calcaire : or, dans tous ces endroits, c'est à peine si l'on reconnaît que la roche encaissante est devenue un peu plus cristalline sur quelques millimètres à partir du contact. Cette absence d'actions métamorphiques de la part des mélaphyres du Tyrol est remarquable, quand on la rapproche des puissants phénomènes de ce genre qui ont été produits par les roches granitoïdes de la contrée, et nous en tirerons plus tard des conséquences.

Porphyres feldspathiques.

Nous terminerons la description des roches éruptives du Tyrol méridional par l'étude des porphyres feldspathiques qui traversent en filons les formations précédentes, et qui sont comme les derniers témoins de l'activité éruptive dans la contrée. Il y a lieu d'y distinguer deux types : la porphyrite proprement dite et le porphyre syénitique de M. de Richthofen.

La *porphyrite* elle-même comprend plusieurs variétés qui se rencontrent dans les environs de Predazzo, et dont la plus intéressante est, sans contredit, le *porphyre à Labradorite*. On en trouve un filon presque vertical, et très-régulier, à Mezzavalle, sur la rive droite de l'Avisio; il traverse le mélaphyre, sur lequel il tranche nettement par sa couleur rouge, et on peut le suivre des yeux jusqu'à une grande hauteur. Un second gisement de ce porphyre se trouve à Viesena, presque au sommet du val di Viesena : peut-être y a-t-il communication entre ces deux filons à travers toute la masse du Mulatto.

Le caractère essentiel de la roche est la présence, au milieu d'une pâte compacte d'un rouge brique, de cristaux d'un blanc verdâtre, formant des prismes à six pans bas

très-réguliers, et dont on a fait une espèce spéciale, la *Liebenerite*, ainsi nommée en l'honneur de M. L. Liebener, auquel on doit sa découverte. L'analyse a donné :

Silice	45,13
Alumine	36,50
Potasse	8,07
Soude et lithine	0,42
Oxyde de fer	2,63
Magnésie	0,75
Chaux	0,81
Eau	4,70
	99,01

Cette composition ne diffère de celle de la néphéline [illegible] par la présence d'une moindre quantité d'alcalis et [illegible] plus grande proportion d'alumine et de fer : aussi M[illegible] dinger avait-il considéré ce minéral comme une [illegible] morphose de la néphéline.

Au Viesena, la Liebenerite est en gros cristau[illegible] gnant jusqu'à 6 ou 7 millimètres de diamètre et [illegible] hauteur ; ils sont toujours associés à des cristaux [illegible] d'orthose, à surface très-brillante et d'un rouge [illegible] sans clivage ; et la cassure de la pâte, pour peu [illegible] été exposée à l'air, a tout à fait l'aspect de ce[illegible] brique. A Mezzavalle, la roche est moins dure, d'[illegible] plus violacée ; la Liebenerite y est beaucoup plus [illegible] et plus régulièrement distribuée ; mais ses cris[illegible] bien plus petits, et leur couleur est le vert célado[illegible]

Le *porphyre syénitique* est l'une des plus belles [illegible] Tyrol ; il forme un [illegible] filon dans la monzo[illegible] nètre jusque dans le [illegible] uralite. Il est [illegible] server dans le val di Vi[illegible] verse so[illegible] d'un mur épais, entaillé s[illegible] pas[illegible] seau ; bien plus dur que les r[illegible] à l'action atmosphérique et s[illegible] vers du vallon. Il est caracté[illegible]

d'orthose, de 2 centimètres, de longueur, à éclat vitreux prononcé et se clivant très-facilement ; la nuance de la pâte varie entre le gris et le rose ; elle contient de l'amphibole fibreuse, et, ce qui est fort remarquable, du fer oxydulé, car la roche exerce une action sensible sur le barreau aimanté.

Il y a des variétés presque compactes, d'autres à grain intermédiaire, toutes caractérisées par des nuances différentes, et se pénétrant mutuellement de la manière la plus intime dans le grand filon dont nous avons parlé.

Trias supérieur (suite).

Roches sédimentaires. — Les éruptions de mélaphyre basique dans la vallée de Fassa embrassent une période assez étendue. Commencées avec la dolomie de Mendola, elles ne se terminent qu'avec celle du Schlern ; mais, dans l'intervalle, il y a eu, dans la même contrée, un dépôt de roches stratifiées que M. de Richthofen partage en deux classes.

Les unes portent l'empreinte des actions plutoniques et sont formées aux dépens immédiats des roches éruptives dont on y reconnaît encore les éléments ; il les appelle tufs *sédimentaires*. De ce nombre est le grès doléritique de MM. Trinker et Fuchs.

Les autres contiennent des fossiles et se laissent diviser en quatre étages.

Il y a d'abord les *couches de Buchenstein*, caractérisées par des calcaires à concrétions siliceuses et contenant les fossiles suivantes : *Ammonites globosus*, *Halobia Lommeli*.

Puis les *couches de Wengen*, qui sont des tufs silicifiés, très-finement terreux, se divisant en plaques minces, avec *Halobia Lommeli*, *Ammonites Aon*, *Avicula globulus*, *Posidomya minuta*.

Ensuite vient le *calcaire de Cipit*, qui est brun, bitumineux, compacte, taché en noir sur les cassures, et traversé

de fissures dont les parois sont tapissées par des scalénoèdres de chaux carbonatée : on y trouve de nombreuses tiges d'encrines.

Sur l'alpe de Seiss, et notamment dans le Frombach, ce calcaire est remarquable par sa grande densité, qui tient à la présence de la strontiane sulfatée, séparée dans la masse en belles lamelles cristallines blanches et très-fragiles. Là où se rencontre la strontiane, il n'y a pas de fossiles, ce qui se comprend fort bien, puisque ce minéral est essentiellement un produit d'émanations ignées.

Enfin on arrive aux célèbres *couches de Saint-Cassien*, caractérisées par une riche faune, où des espèces paléozoïques apparaissent côte à côte avec des ammonites ; on a émis sur la position géologique de ces couches les opinions les plus diverses : à cause des orthocères, quelques observateurs les avaient rangées dans la grauwacke ; au contraire, Klipstein, s'attachant surtout aux ammonites, les rapportait à la période jurassique. Comme les fossiles se rencontrent surtout sur de grandes prairies, dans le lit des ruisseaux, on a également émis l'opinion que cette association d'espèces si différentes était tout artificielle et résultait d'un simple mélange opéré par les eaux ; mais aujourd'hui la question paraît éclaircie, et l'on se range à l'idée avancée depuis longtemps par M. Élie de Beaumont, qui considère cette formation comme un aspect pélagien particulier du trias supérieur et comme un équivalent local des marnes irisées. Les principaux fossiles sont : *Ammonites Aon; Chemnitzia; Pleurotomaria radians; Gervillia Johannis Austriæ; Avicula gryphæata; Nucula lineata; Productus Leonhardi; Orthocères.*

Dolomie du Schlern. — Nous arrivons à l'une des questions les plus intéressantes et les plus controversées de la géologie du Tyrol, celle des dolomies ; mais avant d'entrer dans le fond de la discussion et d'exposer les diverses

théories qui se sont produites, il importe de bien définir les caractères extérieurs de cette curieuse formation.

Le territoire embrassé par la dolomie du Schlern est assez restreint; il se borne aux environs immédiats de la vallée de l'Avisio. Les dolomies, qui ne se rencontrent qu'à une assez grande hauteur au-dessus du niveau de la vallée, forment, non pas un plateau continu, mais une série de massifs ou de pics abruptes, qui attirent de loin les regards autant par leur couleur éclatante, variant du blanc jaunâtre au blanc de neige, que par leurs formes déchiquetées et la verticalité de leurs escarpements. Rien n'est plus pittoresque que l'aspect du Langkofl, du Schlern, des Rosszähne, du Blattkogl. Les *fig.* 7 et 8, Pl. IV, donnent une idée de l'étrangeté des contours de ces rochers, aux cimes complétement inaccessibles, absolument impropres à la végétation et sans aucune trace de stratification.

Plusieurs de ces massifs atteignent des hauteurs considérables. Le Langkofl s'élève à 2.900 mètres au-dessus du niveau de la mer, et est formé par plusieurs cônes verticaux accolés, dépassant de 1.500 mètres le niveau du plateau de l'Alpe de Seiss. C'est sur ce plateau qu'on peut le mieux se faire une idée de la manière d'être des massifs dolomitiques. L'Alpe de Seiss est une haute plaine ondulée, présentant la forme d'une cuvette inclinée vers le nord, où elle se déverse dans la vallée de Gröden, tandis que, à l'est, au sud et à l'ouest, ses bords sont relevés en anneau. Sur ce bourrelet, constitué par des tufs éruptifs ou sédimentaires, sont venus s'implanter les massifs du Schlern, du Rosszähne, du Blattkogl et du Langkofl, et cette superposition est d'autant plus nette que la couleur blanche des dolomies tranche sur la teinte foncée des tufs. La hauteur des massifs est très-variable; tandis que le Langkofl s'élève à 2.900 mètres, le Blattkogl, qui fait corps avec lui, ne dépasse pas 2.500 mètres, et le Schlern n'atteint que 2.400 mètres. La plus haute des montagnes dolomi-

tiques est la Marmolata, située sur la rive gauche de l'Avisio, et dont le sommet, élevé de 3.150 mètres au-dessus du niveau de la mer, est couronné par un glacier.

La dolomie présente, dans ses caractères, une constance remarquable; elle est d'un blanc de neige, saccharoïde, rugueuse au toucher, traversée par une foule de cavités ramifiées, dont les parois sont tapissées par des cristaux de carbonate double de chaux et de magnésie, en rhomboèdres à faces courbes et arêtes tranchantes; les fossiles y sont extrêmement rares; encore la forme seule a-t-elle persisté, et toute la substance de la coquille a été remplacée par de la dolomie. La texture cristalline est plus ou moins développée; souvent les rhomboèdres atteignent 5 ou 6 millimètres.

Ajoutons enfin que la dolomie est quelquefois traversée par des filons insignifiants de mélaphyre, et qu'elle repose, sans aucun dérangement, sur les tufs.

Quel phénomène a pu donner naissance à ces immenses accumulations de carbonate double magnésien? Tel est le problème qui se pose d'abord à l'esprit. Les géologues qui, les premiers, essayèrent de le résoudre, connaissant le rôle considérable que jouent les calcaires dans la structure générale des Alpes, cherchèrent l'origine de la dolomie dans une transformation subie par des calcaires primitivement stratifiés; et les dolomies se trouvant toujours au voisinage du mélaphyre, ils se crurent avec raison autorisés à le considérer comme l'agent de cette métamorphose : quelques-uns même allèrent jusqu'à soutenir que les dolomies avaient été amenées du sein de la terre avec la roche éruptive; mais l'observation les ayant forcés de reconnaître qu'elles reposent sur des couches non bouleversées et qu'elles ne sont jamais en contact direct avec la masse du mélaphyre, il fallut se contenter de lui attribuer une action à distance, et M. de Buch imagina sa célèbre théorie de la dolomitisation par les vapeurs magnésiennes. A ceux qui

objectaient que la magnésie ne saurait exister à l'état gazeux, il répondait que bien des substances réputées fixes sont susceptibles d'être entraînées par la vapeur d'eau, et ses adversaires ayant observé qu'en plusieurs endroits le mélaphyre se trouvait en contact avec des calcaires qui n'avaient pas subi de modification, M. de Buch essayait de l'expliquer en invoquant l'exemple des volcans actuels, où la principale action des vapeurs ne se fait sentir qu'à une certaine distance du cratère; enfin, là où il n'existait pas de mélaphyre au voisinage de la dolomie, il fallait admettre qu'il existait invisible dans la profondeur.

Le vice capital de cette théorie était de recourir à une foule d'hypothèses qui mettaient en jeu des forces d'exception; il fallait invoquer la pression, la vapeur d'eau, une température énorme, sans pouvoir, avec tout cela, donner la moindre idée des réactions chimiques en vertu desquelles la magnésie serait enlevée au mélaphyre et viendrait se combiner à l'acide carbonique du calcaire. On ne tarda donc pas à abandonner les idées de M. de Buch pour chercher à expliquer la dolomitisation par toute réaction susceptible de donner naissance a du carbonate double de chaux et de magnésie. MM. Haidinger et de Morlot, entre autres, montrèrent qu'une dissolution de sulfate de magnésie peut transformer le calcaire en dolomie en précipitant du gypse; encore cette réaction exige-t-elle une température et une pression considérables. Plus tard, on fit voir que l'action lente des eaux d'infiltration peut suffire, à elle seule, pour produire le phénomène; enfin d'autres observateurs établirent que la dolomie peut se former directement, sans passer par l'intermédiaire du calcaire, par précipitation chimique.

La conclusion qu'il est légitime de tirer de tous les travaux auxquels cette question a donné lieu, c'est qu'il n'existe pas, pour la dolomie, un mode de formation unique, mais que, suivant les cas, les causes les plus diverses peuvent

présider à sa naissance. C'est pourquoi une dolomie en particulier étant donnée, c'est plutôt dans les circonstances de son gisement que dans des réactions de laboratoire, conçues *à priori*, qu'il convient d'aller chercher le secret de son origine. C'est ce que M. de Richthofen a essayé de faire pour les dolomies du Tyrol, et l'observation l'a conduit à une théorie originale, que nous allons exposer et discuter brièvement.

La dolomie du Schlern se trouve intercalée au milieu de couches sédimentaires qui n'ont subi aucun dérangement; elle appartient donc à la série de ces couches, et, abstraction faite des filons insignifiants de mélaphyre qui la traversent, on peut dire qu'aucune action mécanique violente n'est venue affecter son gisement postérieurement à son dépôt. Mais sa structure atteste une transformation chimique profonde. La substance des fossiles a entièrement disparu, et l'intérieur des coquilles est tapissé de cristaux rhomboédriques, absolument comme le sont les innombrables cavités ramifiées dont la roche est traversée. M. de Richthofen en conclut que ces cavités existaient dès l'origine du dépôt, et il ne voit pas d'autre moyen d'expliquer cette structure caverneuse que d'admettre que les massifs dolomitiques ont été créés par des coraux constructeurs vivant en société.

Il arrive à la même conséquence par l'examen des circonstances géologiques. Le Langkofl, par exemple, forme un massif de 1.500 mètres de hauteur, tombant à pic de tous côtés, et nettement séparé des massifs analogues du voisinage; cet isolement peut-il être attribué à l'action des eaux? Il faudrait imaginer un ravinement d'une violence inouïe, et d'autant plus que la roche ne présente aucune de ces fissures naturelles résultant de la stratification et qui aident si puissamment l'action des eaux. Il y a plus, dit l'auteur : si les dolomies, isolées aujourd'hui sous forme de massifs, n'étaient que les débris d'une puissante formation

cette formation aurait dû recouvrir toute la région des Alpes, à l'exception des cimes les plus élevées, et, même en admettant des actions destructives d'une énergie extrême, on devrait en retrouver des traces ailleurs que dans le Tyrol méridional, ce qui n'a pas lieu. D'ailleurs, les couches de Raibl, qui, géologiquement, suivent la dolomie du Schlern, sont venues se déposer au pied même du Schlern, à 1.000 mètres au-dessous du sommet. Le dépôt de la dolomie était donc, conclut M. de Richthofen, un phénomène essentiellement local et irrégulier, ce qui ramène encore à l'hypothèse des polypiers, de sorte que les massifs dolomitiques de la vallée de Fassa ne seraient autre chose que les *atolls* ou récifs coralliens de la mer triasique supérieure.

Il reste maintenant à expliquer pourquoi l'on trouve là la dolomie et non du calcaire. On sait d'abord que les sécrétions de tous les coraux contiennent de la magnésie; il est vrai que les travaux de Forchhammer et de Dana n'en ont jamais montré qu'une très-faible quantité relativement à la chaux; mais, d'après les lois connues sur la manière dont les animaux s'accommodent à leurs conditions d'existence, il est à présumer, dit M. de Richthofen, que la teneur en magnésie devait être un maximum dans une mer où les tufs pyroxéniques se décomposaient sur une grande échelle. Mais tout cela ne suffit pas pour expliquer la présence du carbonate double, et la structure des fossiles prouve qu'il a dû y avoir, après coup, introduction d'une quantité notable de magnésie. Il faut donc avoir recours à des actions chimiques qui, d'ailleurs, ne sont pas difficiles à imaginer; ainsi de l'eau chargée d'acide carbonique suintant à travers un calcaire déjà magnésien, enlève la chaux carbonatée et laisse la dolomie; de plus, des eaux magnésiennes, agissant sur une roche calcaire, peuvent former un carbonate double de chaux et de magnésie, qui est beaucoup moins soluble. Si l'on songe à l'énorme quan

tité de magnésie qui devait exister en dissolution dans les eaux de la mer tyrolienne, et aux dégagements d'acide carbonique qui ne pouvaient manquer d'accompagner les éruptions de mélaphyre, des réactions de ce genre paraîtront tout à fait admissibles.

En résumé, les dolomies de la vallée de Fassa seraient des récifs coralliens, ultérieurement transformés et rendus cristallins par des eaux magnésiennes; cette hypothèse a reçu le suffrage de M. de Cotta, qui la déclare très-vraisemblable, non-seulement pour le Tyrol, mais pour beaucoup d'autres formations dolomitiques. Néanmoins il y a des objections graves à élever contre elle, et il importe de les faire connaître.

La dolomie qui constitue le sommet des montagnes voisines de Predazzo ne présente pas les formes déchiquetées de celle de la vallée de Fassa, et cependant M. de Richthofen lui-même la rapporte à la formation du Schlern; par ses caractères extérieurs, elle ne se distingue pas de la dolomie de Mendola sur laquelle elle repose. De plus, quand on fait l'ascension du pic granitique de la Cima d'Asta, on est frappé, dit M. Vom Rath, de la liaison qui existe entre les divers massifs dolomitiques de la contrée, et l'esprit est invinciblement porté à combler les lacunes qui les séparent, et à attribuer leur isolement actuel à l'action ultérieure des eaux. Enfin, si la dolomie a été construite par des coraux, comment se fait-il qu'il ne soit resté, dans sa structure, ***absolument aucune trace*** de l'existence de ces animaux, lorsque cependant on y rencontre quelques ammonites dont la forme, au moins, a été conservée?

Remarquons, d'ailleurs, que l'hypothèse des polypiers n'explique pas plus qu'une autre la présence du carbonate double de chaux et de magnésie, et n'aborde que le problème de l'origine du calcaire qui a donné naissance à la dolomie; cette question, qui peut revenir à l'occasion de tous les calcaires, ne présente dans le cas actuel qu'un

intérêt secondaire. Le fait capital, c'est que la dolomie du Tyrol ne paraît pas avoir été formée de toutes pièces, et qu'elle doit son origine à la transformation d'un calcaire; or, si l'on songe que la dolomie ne se rencontre que dans le voisinage immédiat des mélaphyres, il tombe sous le sens que ce sont eux qui ont dû être les agents de cette transformation; les deux idées fondamentales de M. de Buch se trouvent donc ainsi confirmées; seulement ce qu'il attribuait à l'action des vapeurs semble devoir être rangé aujourd'hui parmi les phénomènes chimiques de la voie humide. Ajoutons que plus on s'éloigne des mélaphyres basiques de Fassa, et moins la dolomie présente les caractères si tranchés qui distinguent les massifs du Schlern et du Langkofl; elle se rapproche de plus en plus des formations sédimentaires ordinaires, elle est bien moins caverneuse et elle porte même des traces de stratification, ce qui fournit un nouvel et puissant argument contre la théorie des récifs coralliens, en démontrant que les circonstances particulières dont cette théorie cherche à rendre compte ne s'observent que sur le territoire des mélaphyres augitiques, en dehors desquels il n'est peut-être pas nécessaire d'aller chercher l'explication du phénomène.

La dolomie ne contient pas d'autres fossiles que des ammonites indéterminables; cependant, comme les filons de mélaphyre qui la traversent ne pénètrent pas dans le lias, M. de Richthofen la rapporte encore à l'étage triasique, ainsi que les *couches de Raibl*, qui la recouvrent immédiatement; ces couches sont de deux sortes; on y distingue:

1° Une dolomie sableuse, d'un rouge brique, à cellules tapissées de cristaux de carbonate double;

2° Une roche argileuse, sableuse et calcaire avec calcaire oolithique et minerai oolithique caractéristique.

Les fossiles sont : *Cardinia problematica*; *Ammonites Johannis Austriæ*; *Myophora elongata.*

Ici se termine la formation triasique du Tyrol méridional

nous n'irons pas plus loin dans l'examen des formations sédimentaires ; disons seulement que le lias contient encore des dolomies grises, fétides, celluleuses, à cavités revêtues de cristaux blancs de dolomie et qui se trouvent également comprises dans le territoire des mélaphyres.

Contact du calcaire et de la roche granitoïde du Monzoni.

Nous allons maintenant nous occuper, avec quelques détails, des actions qui se sont passées au contact du calcaire et de la monzonite. Nulle part elles ne sont aussi faciles à étudier que dans le ravin de Canzacoli, sur la montagne qui domine, à l'ouest, le village de Predazzo, et dont le sommet est formé par le Weisshorn. Dès l'année 1819, elles attiraient l'attention du comte Marzari Pencati, observateur excellent, qui décrivait les faits avec simplicité, sans chercher à les rattacher à des considérations théoriques. Il se contenta d'énoncer le fait, en apparence anormal, de la superposition de la roche granitoïde au calcaire; déclaration qui, mal interprétée, fit pousser un cri de triomphe à l'école neptunienne, alors en grande faveur en Allemagne.

Après Pencati, le phénomène de Canzacoli fut étudié par M. de Humboldt et par M. Petzholdt. M. de Richthofen, en 1857, le décrivit sommairement dans le *Journal de l'Institut géologique d'Autriche*. En 1859, M. Delesse examina des échantillons rapportés par M. Élie de Beaumont, et les résultats intéressants de cette étude, où l'analyse chimique venait au secours de la géologie, trouvèrent place dans le beau travail de l'auteur sur le métamorphisme de contact; mais ils sont loin d'embrassser toutes les circonstances du phénomène. L'année suivante, M. de Richthofen, occupé de son grand travail, arriva trop tard dans les environs de Predazzo, où la rigueur de la saison le contraignit d'abréger ses observations. Enfin, en 1862, M. de Cotta et plusieurs professeurs de

Freiberg passèrent à Canzacoli et y recueillirent de nombreux échantillons pour les soumettre à l'analyse; mais leur travail n'est pas encore publié ; M. de Cotta a seulement insisté, dans une petite notice insérée au *Neues Jahrbuch* de 1863, sur l'existence des filons de monzonite dans le calcaire, qui avait été mise en doute par M. de Richthofen ; et, à l'appui de ses affirmations, il a donné un croquis faisant connaître leur emplacement, et que nous reproduirons plus loin.

Grâce à ces indications, il m'a été facile de trouver les filons en question, aussi bien à Canzacoli que sur la Margola, et le temps que j'ai consacré aux environs de Predazzo m'a permis d'observer les phénomènes de contact avec quelques détails, et de recueillir une suite d'échantillons à l'aide desquels on peut reconstituer toute la série des actions métamorphiques. On verra, par la description qui va suivre, que cette série est fort complexe, et que son histoire, si elle pouvait être traitée à fond au double point de vue de la géologie et de la chimie, constituerait certainement l'un des chapitres les plus importants et les plus complets de la théorie du métamorphisme de contact.

Le massif du Monzoni présente des phénomènes de contact analogues à ceux de Canzacoli ; mais l'observation y est très-difficile, et il faut, la plupart du temps, conclure d'après les blocs amoncelés dans les ravins. Aussi n'en sera-t-il question qu'incidemment et pour mémoire.

Description du contact de Canzacoli.—Le croquis (*fig.* 9), emprunté à la note de M. de Cotta, représente assez fidèlement l'allure de la ligne de contact : elle commence par faire avec l'horizon un angle d'environ 60°, et se prolonge ainsi jusqu'en *e* sur toute cette longueur; la roche éruptive repose sur le calcaire devenu cristallin, et ce dernier, par suite de sa moindre altérabilité, forme jusqu'à la carrière *a* une côte saillante, dépassant de 1 à 2 mètres la surface du massif de monzonite. A partir de *e*, la ligne pre-

brusquement une direction inverse; c'est le calcaire qui repose sur la monzonite, et le contact se perd bientôt sous les sapins, où il cesse d'être visible. Mais, jusqu'en *a*, grâce à la roideur et à l'aridité des escarpements, le phénomène se dessine avec une netteté admirable, à laquelle contribue encore la couleur blanche éclatante du calcaire, qui tranche sur le gris noirâtre de la monzonite.

Mais ce n'est pas tout : en plusieurs points, la roche éruptive pénètre en filons dans le calcaire. L'existence de ces filons, signalée par M. de Cotta, a été niée à tort par M. de Richthofen; il en existe deux en *b*, sur la première colline située au pied de l'escarpement de Canzacoli, et quelques autres, moins nets, à la hauteur de la carrière.

Sur la Margola, la ligne de contact ne se dessine pas avec la même netteté, parce que, la pente étant beaucoup moins roide, le sol est couvert de broussailles et d'arbustes; néanmoins on peut assez bien suivre ses contours, et, là aussi, on remarque des filons de monzonite traversant le calcaire blanc grenu dans les deux carrières ouvertes sur le flanc occidental de la montagne. Il est hors de doute que le massif de Canzacoli et celui de la Margola n'en faisaient qu'un seul avant l'érosion qui a donné naissance à la vallée de l'Avisio, et à laquelle la géologie doit la mise en évidence des curieuses actions de contact que nous allons décrire.

Ajoutons enfin, pour achever de donner une idée générale du phénomène, que les couches sédimentaires ont conservé une ***horizontalité parfaite***, même au voisinage immédiat de la roche éruptive, et qu'on n'observe, au contact, ni brèches ni conglomérats d'aucune sorte : cette circonstance est fort importante à noter.

Cela posé, nous avons à étudier, pour suivre un ordre méthodique : 1° la roche encaissante normale, 2° la roche encaissante métamorphique, 3° la roche éruptive normale, 4° la roche éruptive métamorphique. Mais ici se présente tout d'abord une difficulté : où finit la roche encaissante?

Nous verrons en effet que la zone de contact proprement dite est composée d'éléments empruntés à la fois à la monzonite et au calcaire : pour sortir de là, nous conviendrons d'arrêter la roche encaissante à la zone commune, et de comprendre l'étude de cette dernière dans l'examen de la roche éruptive métamorphique.

Roche encaissante normale. — Par suite de sa hauteur considérable, la ligne de contact traverse plusieurs formations géologiques appartenant toutes à l'époque du trias; à la base les couches de Seiss, puis les couches de Campile, enfin les calcaires et les dolomies de Virgloria et de Mendola; les caractères de ces divers étages ont été précédemment décrits; nous n'avons pas à y revenir ici; rappelons seulement que les calcaires de Virgloria sont généralement noirâtres et bitumineux, ceux de Mendola blancs grisâtres et dolomitiques.

Roche encaissante métamorphique. — A 30 mètres environ de la ligne de contact commence la bande métamorphique, qui se compose, à la base, de cipolin, et, au-dessus, d'une roche caractéristique à laquelle on a donné le nom de *prédazzite.*

Le *cipolin*, ainsi nommé par les gens du pays, paraît correspondre aux couches argilo-calcaires de Campile; il a des nuances très-diverses : son caractère consiste dans la présence de nombreuses taches lenticulaires noirâtres, tranchant sur une pâte plus claire, et alignées de manière à bien dessiner la stratification; la cassure de ces taches est miroitante et à très-petites facettes; mais il est impossible de distinguer, même à la loupe, de quoi elles sont composées, et si vraiment elles contiennent du mica; leur matière est infusible au chalumeau.

L'odeur des cipolins est argileuse, leur cassure esquilleuse et à arêtes vives; avec les acides, ils font effervescence, en abandonnant un résidu dont la nature est fort difficile à déterminer; mais, comme les arêtes rayent le verre, il est

croire que le calcaire doit y être mélangé d'une assez forte proportion de silice, ou tout au moins de matière feldspathique. La compacité absolue de la pâte, sa teinte foncée et l'absence du mica distinguent nettement ces cipolins du marbre de ce nom, avec lequel ils n'ont d'analogie que par leur structure rubanée, et parce qu'ils se prêtent assez bien à l'ornementation; mais leur fragilité empêche qu'on obtienne des pierres de grandes dimensions.

La *prédazzite*, qui répond aux couches de Virgloria et de Mendola, est un marbre blanc, compacte et saccharoïde, dont la densité est, d'après M. Delesse, égale à 2,352. M. Petzholdt, ayant reconnu en 1843 que la composition de ce marbre était assez constante et pouvait être exprimée par la formule $2\,(CaO\,.\,CO^2) + MgO\,.\,HO$, crut pouvoir considérer la prédazzite comme une espèce minérale définie; mais, en l'examinant à la loupe, on constate qu'elle est parcourue par une foule de fines lamelles, à éclat nacré; dans quelques endroits, notamment dans une petite carrière située à 300 mètres au-dessus de celle de Canzacoli, ces lamelles ont jusqu'à 3 centimètres de longueur, et leur éclat, ainsi que leur toucher, les font reconnaître de suite pour de la *brucite* ou hydrate de magnésie. La prédazzite est donc en réalité une roche formée d'un mélange de chaux carbonatée et de brucite. Notons en passant, sauf à y revenir plus tard, que le métamorphisme a fait cristalliser de l'*hydrate* et non du *carbonate* de magnésie.

Le gouvernement autrichien avait fait des frais assez considérables pour organiser à Canzacoli une exploitation régulière de ce marbre, qu'on supposait pouvoir remplacer celui de Carrare: malheureusement il a fallu y renoncer, parce que la roche éclate suivant la direction, d'ailleurs parfaitement indéterminée, des lamelles de brucite, ce qui rend son travail impossible.

La prédazzite est souvent salie par des veines rouges ou grisâtres, comme on peut le voir dans les deux carrières du

mont Margola ; elle passe, quand on s'éloigne du contact, à un marbre gris auquel M. Roth a donné le nom de pencatite, et assigné la composition $CaO . Co^2 + MgO . HO$; ainsi le métamorphisme, loin d'introduire de la magnésie dans la prédazzite, en aurait plutôt enlevé ; on retrouve ensuite le calcaire dolomitique de Virgloria et de Mendola.

Quand la prédazzite s'altère sous l'influence des agents atmosphériques, sa surface devient cristalline, et, si l'altération est très-avancée, on y distingue des rhomboèdres de chaux carbonatée, à faces ternes, mais atteignant souvent d'assez grandes dimensions ; il semble que, bien que la roche ait pris la texture finement saccharoïde, elle n'en ait pas moins une sorte de cristallinité latente, si l'on peut s'exprimer ainsi, en vertu de laquelle certaines faces résistent mieux que d'autres, et se trouvent ainsi mises en évidence par l'altération.

Quand le calcaire en contact avec la monzonite n'est pas dolomitique, il devient complétement cristallin et lamelleux, et en même temps très-friable ; c'est ce qu'on observe facilement dans le val di Monzoni, où les lamelles de chaux carbonatée sont brillantes et striées diagonalement.

Roche éruptive normale. — En décrivant la composition des massifs granitoïdes de Predazzo et du Monzoni, nous avons suffisamment insisté sur l'association intime des diverses variétés de monzonite, et sur les raisons qui nous portent à croire qu'elles sont arrivées au jour à très-peu près en même temps ; nous n'avons donc pas à revenir ici sur ce sujet, et, considérant la roche éruptive normale comme pouvant être l'une quelconque des variétés granitoïdes, normales, micacées ou magnétiques de monzonite, nous passerons immédiatement à la description de son métamorphisme.

Roche éruptive métamorphique. — Ce qui caractérise le métamorphisme de contact, à Predazzo, c'est la production des silicates magnésiens et calcaires, parmi lesquels il fa

citer en première ligne le mica et l'idocrase. Le gisement d'idocrase de Canzacoli est depuis longtemps renommé; sur toute la hauteur de la ligne de contact, à partir de la grande carrière de prédazzite, s'étagent de petites excavations que les fréquentes visites des collectionneurs ont rendues classiques, et où l'on trouve de l'idocrase brune, verte ou jaune miel, en beaux cristaux complétement engagés dans de la chaux carbonatée bleuâtre spathique. Le mica hexagonal l'accompagne souvent, et, dans quelques endroits, la gehlénite, en prismes quarrés, est associée à l'idocrase.

C'est là tout ce qu'on a coutume de dire du gîte de contact de Canzacoli. M. de Richthofen lui-même n'en a pas vu davantage, et, sans en faire une étude plus approfondie, il a tenté d'expliquer sa formation à l'aide des considérations suivantes :

La syénite (monzonite), arrivant au jour en fusion ignée, a fondu le calcaire, qui est alors devenu un dissolvant pour les silicates de la roche éruptive; ces silicates sont entrés dans de nouvelles combinaisons, et la syénite, se refroidissant la première, a formé comme le vase sur les parois duquel les nouveaux minéraux sont venus cristalliser. Les silicates calcaires, continue M. de Richthofen, ont généralement leur point de fusion plus bas que celui des silicates de la syénite et plus élevé que celui de la chaux carbonatée, de sorte qu'ils se sont déposés, dans une liqueur claire, sur une paroi déjà solide; en effet, dans chaque géode, tous les intervalles sont remplis par la chaux carbonatée, et l'on remarque que les cristaux sont d'autant plus nets et portent un nombre de faces d'autant plus grand qu'ils sont mieux noyés dans le calcaire. Or l'expérience des laboratoires nous apprend que la netteté des cristaux est toujours en rapport avec la limpidité des dissolutions dans lesquelles ils se forment.

Telle est cette théorie, qu'il nous sera permis de qua-

lifier d'*ultraplutonienne*, où l'auteur ne fait nulle difficulté d'imaginer une liqueur limpide de chaux carbonatée à une température à laquelle l'idocrase ne peut déjà plus rester liquide; mais ce remaniement des fusibilités n'est pas la seule objection grave qu'il y ait à faire. Le point de départ même, la fusion ignée de la monzonite, ne saurait plus être accepté sans contestation depuis les travaux des géologues qui ont montré quelle idée exagérée on s'est faite pendant longtemps du rôle joué par la chaleur dans la formation des roches éruptives. Tout porte à croire que l'eau a dû avoir une large part au phénomène de Canzacoli; mais, pour mettre ce résultat en évidence, il faut pénétrer plus avant dans l'étude de la zone de contact, et c'est ce que nous allons faire en résumant dans un ordre méthodique les observations que nous avons pu recueillir à Canzacoli sur la Margola et au Monzoni.

Je distinguerai, entre la roche éruptive normale et la prédazzite, quatre zones parallèles, dont chacune est caractérisée par des espèces minérales déterminées; non pas que ces zones soient nettement séparées dans la nature, ni qu'une observation plus attentive ne puisse y introduire un plus grand nombre de subdivisions; dans certains cas, l'une quelconque d'entre elles pourra manquer, et rarement la nature du terrain permettra de suivre la série complète à un même niveau de la ligne de contact. Mais cette division, à laquelle nous conduit la comparaison des échantillons recueillis en divers points, exprime bien les principaux moments du métamorphisme de la roche éruptive, et nous verrons plus tard qu'elle est confirmée par l'étude des filons de monzonite dans le calcaire.

Première zone. Orthose, pyroxène, sphène. — Le premier effet marqué du métamorphisme consiste dans la production d'une roche caractéristique, qu'on observe aussi bien à Canzacoli qu'au Monzoni, et qui est constituée par un agrégat de lamelles brillantes d'orthose, d'un blanc gr

sâtre, et de cristaux noirs columnaires de pyroxène, présentant les combinaisons $Mg^1h^1b^{1/2}$. Le sphène brun, en grains ou en cristaux adamantins ayant la forme d'un toit, est un élément essentiel de cette roche, où l'on trouve aussi de la pyrite.

Il est certainement curieux de ne rencontrer ici que de l'orthose, lorsque le feldspath strié domine dans la roche éruptive; cependant il n'y a pas à en douter; les deux clivages nets qu'on observe font entre eux l'angle de 90°, caractéristique du feldspath symétrique.

Les cristaux de pyroxène seraient assez faciles à confondre avec l'amphibole, à cause de leur forme allongée; mais indépendamment des mesures d'angles qui fournissent un caractère décisif, la section octogonale de ces prismes, leur dureté égale à celle du feldspath et leur fusibilité sans bouillonnement suffisent pour les distinguer; ils sont noirs, absolument opaques, à cassure résineuse et très-difficilement clivables; en revanche, les faces extérieures des cristaux sont souvent très-nettes.

La roche n'est jamais magnétique.

Au Monzoni, les cristaux de pyroxène sont très-petits, et le sphène est très-abondant. A Canzacoli, les prismes de pyroxène ont jusqu'à un centimètre de longueur, sont très-bien formés, et le sphène devient plus rare; enfin, sur la Margola, le minéral titané disparaît et l'on trouve une roche essentiellement feldspathique, remplie de noyaux de pyroxène noirs, résineux et conchoïdes, dont la cassure, légèrement irisée, ressemble beaucoup à celle de la houille. Ces noyaux ne sont jamais allongés sous forme de cristaux; néanmoins on reconnaît souvent la section octogonale résultant de la combinaison des faces M, h^1 et g^1 : la pyrite leur est toujours associée.

Deuxième zone. Pyroxène, idocrase compacte, wollastonite. — A mesure qu'on s'éloigne de la monzonite, le eldspath disparaît, remplacé par de l'idocrase grenue à

laquelle la chaux carbonatée commence à s'associer, et l'on passe à une deuxième zone caractérisée par une pâte d'un blanc opaque légèrement verdâtre, pétrosiliceuse, à cassure esquilleuse, rayant facilement le verre, et fondant au chalumeau en globules vitreux d'un brun prononcé: c'est de l'idocrase compacte, résultat auquel on s'attendrait peu si l'on s'en tenait aux apparences. En outre, la pâte contient des nodules noirs de pyroxène et des lamelles très-facilement clivables, d'un gris argentin, à structure fibreuse, que je rapporterai à la wollastonite ou silicate de chaux CaO. SiO^3. En effet, ces lamelles présentent trois clivages faisant entre eux des angles de 96° et de 1[illegible]; leur substance est attaquée par les acides, et, dans la dissolution, où l'ammoniaque donne un précipité insensible, l'oxalate d'ammoniaque produit un dépôt abondant de chaux; c'est donc, tout au moins, un silicate très-calcaire. Il serait d'ailleurs tout naturel de rencontrer, à côté du pyroxène, une substance dont la composition rentre, comme celle de l'augite, dans la formule générale RO, SiO^3.

Le pyroxène et la wollastonite disparaissent entièrement à la Margola; et il en résulte une zone d'une assez forte épaisseur, composée d'idocrase en roche. La pâte est d'un blanc jaunâtre veiné de brun foncé; elle se comporte, au chalumeau, exactement comme la variété précédente: d'ailleurs, un caractère qui ne laisse aucun doute est la présence, sur les fissures de cette roche, de nombreuses faces de glissement striées, à éclat vitreux prononcé, de nuance verte claire, identiques à l'idocrase cristallisée de la troisième zone, et qui sont le résultat du frottement mutuel des deux parois des fentes.

Troisième zone. Mica, idocrase, chaux carbonatée, fer oxydulé. — La troisième zone ne constitue plus, à proprement parler, une roche; c'est un agrégat de trois substances minérales : le mica, la chaux carbonatée et l'idocrase, auxquelles il convient d'ajouter le fer oxydulé.

Le *mica* se présente en lamelles d'un vert poireau, à éclat gras, souvent empilées de manière à former des prismes hexagonaux très-réguliers. Ce mica se distingue de celui de la monzonite par sa nuance d'abord, et par un autre caractère plus essentiel : il est à un seul axe optique; aussi n'est-ce point du tout une concentration du mica de la roche éruptive, mais bien le résultat d'une cristallisation spéciale. Tantôt le mica est noyé dans la masse du calcaire, et alors sa forme cristalline est très-accusée; il a l'éclat nacré et la nuance vert poireau sur la base, l'éclat vitreux et la nuance vert bouteille sur les faces verticales; tantôt les lamelles sont indistinctes et réunies en masses comme celles des micaschites. Chauffé dans le matras, ce mica dégage beaucoup d'eau et devient argentin en exhalant une odeur empyreumatique. Sa dureté est intermédiaire entre celle du gypse et celle de la chaux carbonatée; il est attaquable par les acides et laisse le silice sous la forme de petites écailles blanches nacrées ; en un mot, il présente tous les caractères des micas magnésiens.

L'association du mica et de l'idocrase, à Canzacoli, avait déjà frappé les observateurs, et M. Blum signalait le premier de ces minéraux comme une pseudomorphose de l'autre ; mais il nous semble impossible de justifier une telle conjecture, et la coexistence, même sur un seul cristal, de ces deux espèces minérales n'aurait nullement besoin d'être expliquée par une hypothèse de ce genre.

L'*idocrase* est, par excellence, le minéral de contact à Canzacoli ; on en trouve plusieurs variétés : une verte, une brune, une jaune.

L'idocrase verte forme des prismes quarrés pyramidés, striés, à éclat vitreux et adamantin, d'une nuance intermédiaire entre le jaune et le vert émeraude, engagés dans la chaux carbonatée; très-rarement les cristaux sont comlets, et souvent l'idocrase forme un simple enduit strié, yant la forme d'un cristal, sur un noyau calcaire. La

chaux carbonatée est blanche et grenue comme de l'albâtre et se moule exactement sur les cristaux, dont elle remplit les intervalles.

L'idocrase jaune miel est souvent associée à la variété verte, dont elle ne paraît pas différer essentiellement, car on les trouve quelquefois ensemble sur le même cristal.

L'idocrase brune se présente en prismes pyramidés complets, avec les troncatures produites par la base et les faces verticales parallèles aux diagonales du losange; la pyramide domine toujours de beaucoup. Ces cristaux sont souvent très-nets et atteignent jusqu'à 2 ou 3 centimètres de longueur; ils sont engagés dans de la chaux carbonatée spathique bleuâtre, qui décrépite et perd sa coloration quand on la chauffe, ce qui prouve qu'elle contient de l'eau et probablement une matière organique. Les faces des cristaux calcaires sont striées diagonalement, et leur forme est le rhomboèdre primitif avec clivages faciles.

Il est à remarquer que l'idocrase brune forme souvent de gros noyaux irréguliers, mais jamais des surfaces minces comme la variété verte.

Il serait intéressant de décider, par des analyses, en quoi diffèrent les trois variétés d'idocrase; le principe de leur coloration se trouve certainement dans leur composition chimique, car la chaleur est sans action sur la nuance de leurs cristaux.

Outre les cristaux définis, l'idocrase existe encore à l'état de grains verts ou bruns, en mélange intime avec le calcaire; on trouve, dans le val di Monzoni, de gros blocs à texture grenue, entièrement composés d'un pareil agrégat.

Le *fer oxydulé* se rencontre avec la chaux carbonatée et le mica, au milieu desquels il forme des grains noirs de très-petites dimensions. On y reconnaît souvent, à la loupe, des octaèdres très-réguliers; ils imprègnent parfois les prismes de mica de la manière la plus intime.

La roche des deux premières zones étant absolument

sans action sur le barreau aimanté, on voit que tout l'élément magnétique s'est concentré vers le contact.

Gehlénite, fassaïte. — L'idocrase n'est pas le seul silicate calcaire qui caractérise la troisième zone; elle domine à Canzacoli, mais à certains niveaux dans cette localité, et presque partout, au Monzoni, on rencontre une autre substance, la *gehlénite*, dont la composition diffère de celle de l'idocrase par la présence d'une moindre quantité de silice et de magnésie et d'une plus forte proportion d'alumine, la quantité de chaux restant la même.

La gehlénite forme des prismes carrés aplatis, dont la couleur varie du gris au jaune isabelle, et qui sont presque toujours altérés à la surface; ces prismes sont noyés dans la chaux carbonatée en compagnie de l'idocrase grenue. A Canzacoli, on remarque, au milieu des lamelles de calcaire, de petits grains noirs à éclat vitreux et à poussière blanchâtre qui ne sont pas magnétiques, et qui forment quelquefois des octaèdres d'une régularité admirable, mais qu'il serait tout à fait impossible d'apercevoir sans le secours de la loupe; il n'est pas douteux que ce ne soient des cristaux de *spinelle noir* (pleonast), car au Monzoni, où la gehlénite abonde, on trouve le spinelle noir en beaux octaèdres dans la chaux carbonatée. Il semble ainsi que la magnésie, qui manque à la gehlénite pour être identique à l'idocrase, se soit portée sur un excès d'alumine pour s'y combiner sous forme de spinelle.

La *fassaïte*, qui se rencontre en abondance au sommet du val di Monzoni, est une espèce de pyroxène diopside dont les cristaux ont un *facies* particulier à cause de la prédominance des faces M, $b^{1/2}$ et $b^{1/4}$, qui lui donnent l'aspect de doubles pyramides quadrangulaires pointues, assemblées obliquement par leurs bases; ils ont jusqu'à 2 centimètres de longueur et sont plus ou moins transparents sur les arêtes. Leur couleur varie entre le vert bouteille et le vert noirâtre; leur éclat est souvent très-vif, mais ils se ter-

nissent à l'air; ils forment des agrégations d'individus cristallins au milieu de la chaux carbonatée spathique blanche ou bleuâtre.

J'ai retrouvé la fassaïte en beaux cristaux et en masses cristallines en un point de la ligne de contact sur la Margola; cette circonstance mérite d'être signalée, parce qu'elle prouve que les trois espèces minérales: idocrase, gehlénite et fassaïte, coexistent à Predazzo; leur présence en un point donné ne peut cependant pas être indifférente, et doit être en rapport direct avec la nature de la roche éruptive. Autant que nous en pouvons juger d'après les faits observés, il est permis de dire que l'*idocrase* caractérise le contact de la *monzonite granitoïde*, que la *gehlénite* et le *spinelle* correspondent à la *monzonite normale*, et qu'enfin la *fassaïte* répond à la *monzonite magnétique*, qui est la plus basique de toutes, et comme on sait que les trois variétés de monzonite se rencontrent à Canzacoli, il n'est pas étonnant qu'on y trouve aussi les trois espèces minérales.

Quatrième zone. Serpentine. — La quatrième et dernière zone, qui est la plus mince, est caractérisée par une matière serpentineuse, le plus souvent associée à la chaux carbonatée lamelleuse; quelquefois cette dernière disparaît, et l'on obtient une salebande d'hydrosilicate magnésien à partir de laquelle on passe au calcaire encaissant, de moins en moins imprégné de serpentine. La nuance de l'hydrosilicate varie entre le vert et le violet; calciné dans le matras, il abandonne de l'eau et perd sa couleur verte. Il est infusible au chalumeau, et l'acide sulfurique l'attaque à peu près complétement, avec dépôt de silice blanche grenue.

On trouve dans les diverses carrières de Prédazzite de Canzacoli et de la Margola, des filons assez curieux de 0m,10 à 0m,50 de puissance, composés uniquement d'hydrosilicate magnésien au centre et de serpentine pure sur les bords. Au contact avec la prédazzite se trouve une zone très-mince contenant beaucoup de fer oxydulé en grains imperceptibles

tibles, tandis que la masse de l'hydrosilicate n'est pas magnétique.

Ces filons ont d'abord été donnés pour du granite serpentinisé : à cette occasion, M. Bischof a discuté la possibilité d'une pareille transformation chimique, et a conclu pour la négative; mais il nous semble que la question a été mal posée; il ne s'agit pas, en effet, de savoir si les éléments du granite peuvent, par une série de transformations, devenir de la serpentine, mais bien si la pâte qui, en cristallisant dans des conditions normales, donnerait naissance à un granite, peut, au moment de l'éruption et lorsqu'elle est encore plastique, concentrer, au contact de la roche encaissante, une forte proportion de silice et de magnésie, ce qui n'a rien que d'admissible.

M. de Richthofen a décrit les filons dont il s'agit comme étant du mélaphyre serpentinisé, et M. de Cotta paraît avoir adopté cette manière de voir. Néanmoins, nous croyons, avec M. Élie de Beaumont et M. Delesse, que ce sont en réalité des filons minces de monzonite qui se sont trouvés dans des conditions exceptionnellement favorables à la concentration de l'élément magnésien. En effet, il semblerait étrange qu'il y eût, dans toutes les carrières de prédazzite, un filon de mélaphyre à côté d'un filon de monzonite. Des filons de mélaphyre traversent, d'ailleurs, en plusieurs points, le massif calcaire de la Margola sans qu'aucune ransformation de ce genre ait été observée; et si, dans la grande carrière de Canzacoli, la question reste difficile à ésoudre, parce qu'on ne voit pas à quelle masse viennent e réunir les filons de serpentine, en revanche, dans la carière supérieure, on en trouve un plus puissant qui, après ne salbande de serpentine pure, présente une roche à rain fin qui paraît se rattacher au type monzonite sans oir rien de commun avec les mélaphyres.

Nous conserverons donc cette opinion jusqu'à plus ample ormé, et nous signalerons, après M. Delesse, la concen-

tration de l'hydrosilicate magnésien vers la roche encaissante comme un des traits caractéristiques du gisement de contact de Canzacoli. Remarquons, en outre, que cette concentration a déjà été préparée dans la deuxième zone par le développement du mica magnésien, qui forme la transition entre la roche éruptive et la serpentine, et que ce mica magnésien se retrouve dans la plupart des gîtes de contact analogues décrits par M. Delesse dans ses *Études sur le métamorphisme.*

Filons de Canzacoli. — Si l'on veut voir la plupart des circonstances du contact rassemblées dans un très-petit espace, il suffit de se transporter au pied de l'escarpement de Canzacoli, sur la colline où se trouvent les filons de monzonite signalés par M. de Cotta ; ils sont au nombre de deux séparés par un intervalle de 2 mètres de calcaire ; leur puissance est de 1 à 2 mètres, et ils se sont intercalés parallèlement à la stratification, qui fait, dans cet endroit, un angle d'environ 15° avec l'horizon.

Le calcaire, auprès du contact, prend un aspect rubané et devient de plus en plus vert et serpentineux : on arrive ainsi à une salbande de 6 à 8 millimètres, composée de serpentine avec chaux carbonatée ; puis on trouve : une couche de 4 millimètres, formée de mica magnésien à un axe et d'idocrase ; une couche de 5 millimètres, composée de chaux carbonatée spathique et de fer oxydulé ; enfin une zone de 1 centimètre contenant : chaux carbonatée, mica hexagonal, idocrase et fer oxydulé ; après cela, on passe peu à peu, par l'intermédiaire d'une forte zone de mica magnésien, à la roche éruptive qui, dans cet endroit, tient le milieu entre la monzonite micacée et la monzonite granitoïde.

Résumé.—En somme, si nous cherchons à résumer dans un tableau la suite des actions de contact, nous dresserons la série qu'on va lire :

1° Roche encaissante normale.	1. Calcaire dolomitique grisâtre de Mendola.
2° Roche encaissante métamorphique. .	2. Prédazzite (chaux carbonatée et brucite).
3° Roche éruptive métamorphique . . .	3. Serpentine.
	4. Serpentine avec chaux carbonatée.
	5. Chaux carbonatée, fer oxydulé, mica magnésien.
	6. Chaux carbonatée, idocrase, fassaïte, gehlénite, spinelle, mica à un axe.
	7. Idocrase compacte.
	8. Idocrase compacte, pyroxène, wollastonite.
	9. Pyroxène, orthose, sphène.
4° Roche éruptive normale.	10. Monzonite.

Jaspe rubané. — C'est probablement aux phénomènes de contact qu'il faut rapporter la présence d'un jaspe rubané au sommet de la Margola, où il forme des rochers remarquables par le parallélisme parfait des zones qui les constituent : ces zones ont de 1 à 2 centimètres de puissance, et prennent toutes les nuances possibles. Il paraît difficile d'expliquer leur formation sans admettre un métamorphisme avec introduction de silice. Le même fait se reproduit au col d'Alle Selle, dans le massif du Monzoni : il a besoin encore d'être étudié.

Considérations générales. — Après avoir exposé, dans l'ordre suivant lequel ils se révèlent à l'observation, les phénomènes auxquels a donné lieu le contact du calcaire et de la monzonite, il convient de rechercher quels enseignements généraux peuvent sortir de cette étude, et si elle n'est pas de nature à fournir de précieuses indications sur l'origine de la roche éruptive.

Le fait capital, qui doit tout d'abord attirer l'attention, c'est le mélange des éléments de la roche encaissante et de la monzonite, attesté par la présence simultanée de l'idocrase, de la gehlénite, de la fassaïte et de la chaux carbo-

natée. De quelle manière ce mélange a-t-il pu se produire? Telle est évidemment la grande question qu'il faut résoudre. M. de Richthofen a admis une fusion commune des deux roches ; contre cette hypothèse, nous ferons valoir les raisons suivantes : d'une part, la netteté avec laquelle s'accuse la ligne de contact de la prédazzite et de la bande métamorphique s'accorde mal avec l'idée d'une fusion, qui ferait nécessairement naître des contours plus ou moins irréguliers; d'autre part, la nature des minéraux de contact empêche d'admettre l'intervention d'une très-haute température; ainsi nous avons vu que la chaux carbonatée bleuâtre perd sa couleur quand on la chauffe, et que le mica vert devient argentin et opaque par la calcination. Enfin, nous trouvons l'eau partout, aussi bien dans la brucite que l'idocrase, le mica et la serpentine, et cette eau ne résiste pas à la chaleur de la lampe à alcool.

Nous arrivons donc nécessairement à la conclusion que les actions de contact de la monzonite rentrent essentiellement dans le domaine des phénomènes chimiques de la voie humide. Des dissolutions pouvaient seules opérer le mélange des éléments du calcaire et de ceux de la roche éruptive sans altérer la forme de la ligne de contact; elles seules pouvaient posséder assez de mobilité pour permettre aux substances de se grouper par zones suivant leurs affinités; elles seules pouvaient déterminer la cristallisation, à l'état d'hydrate, de la magnésie contenue dans la prédazzite; elles seules enfin pouvaient injecter dans les calcaires triasiques le massif granitoïde de Predazzo sans produire le moindre dérangement dans l'horizontalité des couches, et sans donner naissance à des brèches ni à des conglomérats.

Cela ne veut pas dire que la chaleur n'ait pas joué de rôle dans l'éruption de la monzonite; cette idée n'a rien d'incompatible avec celle des dissolutions chimiques : seulement nous croyons qu'il n'y a pas eu de fusion ignée, et que le calcaire n'a été ni fondu ni même rendu plastique;

et si nous rapprochons ces circonstances de l'absence presque complète d'actions métamorphiques au contact du calcaire et des mélaphyres du val de Fassa, il nous sera peut-être permis de diviser les roches éruptives du Tyrol méridional en deux groupes, l'un granitoïde, produisant des effets de contact énergiques, et caractérisé par les dissolutions chimiques ; l'autre porphyrique, sans actions métamorphiques sensibles et où la chaleur paraît être le principal agent en jeu.

On objectera peut-être l'analogie des blocs d'idocrase de la Somma avec ceux de Canzacoli ; mais cela ne saurait être une raison décisive ; car rien ne prouve que les minéraux de la Somma aient une origine ignée, et l'on est parfaitement en droit d'admettre que, formés dans l'intérieur de la terre, par voie chimique, au contact d'un calcaire et d'une matière éruptive magnésienne, ils ont été simplement rejetés par le volcan.

Ce n'est là du reste qu'une question théorique, et il serait téméraire de prétendre la résoudre d'une manière définitive avant que les circonstances géologiques du phénomène soient connues avec une entière certitude ; il importait seulement de bien établir l'ordre des actions métamorphiques, jusqu'ici trop rapidement étudiées, et de montrer que ce n'est ni dans des fentes du calcaire ni dans les géodes de la roche ruptive, comme l'ont dit beaucoup d'observateurs, mais ien dans une zone de contact fort régulièrement constituée, ue sont venues cristalliser des espèces minérales définies, aractérisées toutes par l'association des éléments du calaire et de ceux de la monzonite. Quant à l'ordre dans quel les minéraux se sont groupés, il serait d'un haut inrêt d'en avoir la clef ; mais ce résultat ne peut être atteint ue par de patientes observations et une longue étude chique. Contentons-nous, pour le moment, d'ajouter aux nsidérations que nous avons déjà présentées une remarque le rôle de l'élément magnétique ; nous avons dit que,

tandis que la monzonite attire toujours le barreau aimanté, les trois premières zones métamorphiques sont sans action sur lui, et que tout le fer oxydulé se trouve reporté dans la quatrième, où il forme quelquefois des octaèdres parfaits, ce qui n'a pas lieu dans la monzonite ; en revanche, le titane reste du côté de la roche éruptive, dans la première zone, où il cristallise sous forme de sphène ; ainsi, il paraît y avoir séparation et transport aux deux extrémités opposées des éléments du fer oxydulé titanifère de la monzonite.

En terminant, nous signalerons l'utilité qu'il y aurait, pour la science, à entreprendre une comparaison approfondie du gîte de contact de Canzacoli et de celui de Csiklova, dans le Banat autrichien ; là aussi une roche syénitique traverse le calcaire crétacé et y détermine la formation d'une bande métamorphique encore plus large que celle de Prédazzo, et caractérisée par l'idocrase, la chaux carbonatée bleuâtre, la wollastonite et les zéolithes : l'observation y est facile à cause de la nature peu accidentée du terrain, et il n'est pas douteux qu'une étude de ce genre ne soit de nature à amener des résultats importants.

MÉMOIRE

SUR LES RÉSULTATS PRATIQUES DU FOYER FUMIVORE SYSTÈME TENBRINCK ET DE SA MODIFICATION PAR M. BONNET.

Par M. TENBRINCK, ancien ingénieur adjoint du matériel aux chemins de fer de l'Est;

Et M. BONNET, ingénieur des ateliers des chemins de fer de l'Est.

Débuts et progrès du foyer Tenbrinck.

Parmi les nombreux appareils fumivores essayés sur les chemins de fer français, l'un des plus anciens et des mieux éprouvés est l'appareil Tenbrinck; il est appliqué en grand et paraît adopté par deux des grandes compagnies du réseau français qui l'emploient aujourd'hui à l'exclusion de tout autre système. Ce foyer est consacré par une expérience de près de cinq années consécutives et par son application à plus de 250 machines, application qui prend tous les jours sur ces deux réseaux des proportions de plus en plus considérables.

Cette invention a pris naissance au chemin de fer de l'Est. M. Tenbrinck, alors ingénieur-adjoint du matériel de cette ligne, étudia lui-même la construction de son appareil qu'il amena dès les premiers essais au degré de perfection où on le voit aujourd'hui. Aussitôt que la solution économique et pratique fut rendue presque certaine, le chemin de fer d'Orléans fit à son tour des essais prolongés à la suite desquels il entra résolûment dans la voie d'une application large et générale où il ne tarda pas d'ailleurs à être suivi par le chemin de fer de l'Est.

Ces deux lignes aboutissent l'une et l'autre à de vastes bassins houillers, auxquels elles ont intérêt à demander la

presque totalité de leurs approvisionnements de combustible. Ce sont les bassins de l'Allier et de l'Aveyron, d'une part ; celui de Sarrebrück, d'autre part : et l'on sait que les houilles de von der Heydt et de Dudweiler qui alimentent le réseau de l'Est, de Bézenet et d'Aubin qui alimentent celui d'Orléans, sont les plus fumeuses et les plus difficiles qui soient employées en France. On peut donc dire sans présomption, que ces deux compagnies sont en possession d'une solution qui peut-être n'est pas la plus parfaite possible, mais qui atteint en définitive le but principal : celui de la combustion de la fumée, d'une manière assez complète et générale pour rendre le système applicable à tous les charbons ; et qui, de plus, tout en satisfaisant aux conditions non moins importantes d'une construction pratique et durable, d'une conduite du feu facile, conserve intacte la puissance des machines. Enfin cet appareil a eu pour résultat inattendu de procurer le double avantage d'une économie notable sur les consommations de combustible, et de permettre d'abandonner l'emploi du gros charbon pour adopter celui du tout venant, contenant environ un quart de menu charbon.

Il nous a semblé inutile de donner ici la description du foyer Tenbrinck, et de rappeler les expériences qui ont officiellement constaté, à l'origine, la valeur de cet appareil. Les applications nombreuses et incessantes qu'il reçoit sur les lignes d'Orléans et de l'Est qui emploient des charbons très-difficiles, sont pour tout le monde une preuve convaincante que les conditions essentielles du programme se trouvent convenablement remplies. Nous renvoyons aux notices qui ont éte insérées dans diverses publications scientifiques et industrielles.

A cet égard on ne saurait consulter un travail plus complet et plus instructif que le « Rapport à Son Excellence le « ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux « publics, sur l'emploi de la houille dans les machines

« locomotives et sur les machines à foyer fumivore du sys-
« tème Tenbrinck » par M. l'ingénieur en chef Couche. Une dépêche ministérielle en date du 26 janvier 1861 avait chargé ce savant ingénieur de suivre l'application du foyer Tenbrinck et de lui rendre compte des résultats observés. Le rapport de M. Couche, qui est du 20 janvier 1862, a été publié par ordre du ministre, et inséré dans les *Annales des mines* (6e série, t. I, p. 1).

Tant qu'il s'est agi avant tout de rechercher un moyen efficace et pratique de consumer la fumée, la solution du problème a été dominée par ce but suprême, remplacer le coke par la houille, pourvu que la fumivorité ne soit pas acquise au prix d'un sacrifice sur la puissance des machines, d'une complication inadmissible dans leur construction et dans leur marche ordinaire. La question des économies à réaliser sur la consommation de combustible et sur le choix du charbon, malgré son importance, n'avait alors qu'un caractère secondaire.

A l'époque où M. Couche publia le travail dont nous venons de parler, il avait déjà pu constater une économie notable sur les consommations. En outre, des essais sérieux et concluants avaient fait naître l'espoir de substituer au gros le charbon tout venant (de von der Heydt, Est). Mais comme il n'existait encore que cinq machines munies du foyer Tenbrinck, nous pensons que les résultats favorables qui ont été signalés, ne pouvaient être considérés que comme l'indice d'un progrès nouveau.

Il en est maintenant tout autrement; les moyens de brûler la fumée sont hors de cause, et la question secondaire du choix du combustible et d'économie dans les consommations reprend la principale importance. Or la compagnie de l'Est possède aujourd'hui plus de 120 machines en service munies d'appareils fumivores. La comparaison des consommations acquiert ainsi un caractère de certitude qu'elle n'avait pas auparavant. En outre, depuis un an et demi, toutes ces

machines sans exception consomment le charbon tout venant de la mine de von der Heydt qui coûte un sixième de moins, et cependant l'allocation des mécaniciens est restée égale, poids pour poids, à celle des machines semblables faisant le même service, qui reçoivent du gros charbon. Nous n'hésitons donc plus à nous prévaloir de ces deux avantages dont nous allons tacher de faire ressortir l'importance. Nous signalerons en même temps le perfectionnement, c'est-à-dire la simplification qui a été apportée dans la construction de l'appareil Tenbrinck par M. Bonnet, alors chef des études du matériel des chemins de fer de l'Est, et dont la valeur est consacrée par un grand nombre d'applications.

Jeu de l'appareil.

Rappelons rapidement la manière de fonctionner du foyer Tenbrinck. Il se compose comme on sait de quatre organes principaux qui sont (*) :

1° Une grille à inclinaison variable suivant les charbons, qui s'étend du dessous de la porte, plaque d'arrière, au bas de la plaque tubulaire ou d'avant.

2° Une plaque pleine qui précède la grille, placée à son sommet et dans le même plan qu'elle. Cette plaque pénètre dans le foyer, et forme le fond inférieur d'une trémie à section rectangulaire dont la longueur est égale à la largeur du foyer. Cette trémie sert au chargement du combustible et procure l'alimentation continue de la grille, le combustible descendant par la gravité à mesure qu'il se consume; elle est fermée à sa partie supérieure par une grande porte de même dimension qu'elle.

3° Une prise d'air formée par une palette mobile pour régler ou intercepter l'admission de l'air qui entre au-dessus

(*) Voir la planche jointe au rapport de M. Couche, t. I de la 6e série, 1862.

de la trémie sous forme d'une nappe plus ou moins mince ayant toute la largeur du foyer.

4° Une cloison construite en toute matière susceptible de résister au feu, réalisée par un bouilleur d'une forme et d'une construction qui sont propres à M. Tenbrinck. Cette cloison a toute la largeur du foyer. Son bord inférieur s'appuie sur la plaque tubulaire suivant une ligne horizontale placée à $0^m,25$ environ au-dessous de la rangée inférieure des tubes; son bord supérieur est libre, et il est à une distance moyenne de $0^m,35$ de la plaque d'arrière, et de $0^m,40$ du ciel du foyer.

Le bouilleur est le siége d'une vaporisation violente, et il supplée largement comme surface de chauffe et comme production de vapeur à la partie du foyer qui se trouve supprimée ou masquée.

La grille étant couverte de charbon en combustion, le combustible frais qui est versé au sommet de la grille dans la trémie arrive sur la partie de la plaque pleine qui pénètre dans le foyer, et commence à distiller par l'effet du rayonnement intense du foyer. Cette distillation s'augmente de proche en proche, à mesure que sous l'action de la gravité, le combustible glisse sur la partie pleine pour arriver aux premiers passages d'air du sommet de la grille où il entre en pleine combustion. Il a alors abandonné plus ou moins selon la nature du charbon, la majeure partie des matières volatiles et colorantes qui constituent la fumée. A mesure qu'il avance, il se transforme graduellement en coke qui continue de brûler jusqu'au bas de la grille.

Le mélange 1° des gaz brûlés; 2° des gaz combustibles (tels que l'oxyde de carbone, l'hydrogène libre et le restant des hydrocarbures, provenant de la combustion du coke et du charbon imparfaitement carbonisé); 3° de l'air qui a échappé à la combustion en passant à travers la grille et la masse incandescente, d'une part, forme un courant gazeux en ignition d'une température très-élevée, qui remonte par

l'effet de la cloison vers la partie supérieure de la grille où est le combustible le plus frais ou incomplétement carbonisé.

D'autre part, l'air extérieur qui entre par la prise d'air spéciale, forme un deuxième courant lancé soit sur le combustible en distillation, soit dans le premier courant du gaz, dans une direction contraire à celle de ce premier courant.

Les hydrocarbures provenant de la distillation de la houille, sont saisis pour ainsi dire à l'état naissant, et avant d'avoir pu être décomposés en hydrogène et en charbon qui se dépose sous forme de noir de fumée, entre ce double courant de gaz comburants dans lequel les particules charbonneuses de la fumée qui, malgré tout, aurait pu déjà se former, sont portées au blanc et complétement brûlées; c'est le principe de la lampe à double courant d'air réalisé par la disposition des éléments du foyer. De rouge et fuligineuse qu'elle était, une flamme vive et brillante contourne le bord libre du bouilleur à partir de la jonction des différents courants gazeux, et brûle en tourbillonnant jusque vers les tubes.

Simplification du foyer Tenbrinck.

La construction de la trémie exige la suppression presque complète de la double paroi d'arrière du foyer, qui constitue une modification importante de la chaudière, et donne lieu à un travail de chaudronnerie long et dispendieux. M. Bonnet, préoccupé de cet inconvénient qui était de nature à faire reculer les ingénieurs, et dans le but de rendre l'œuvre de M. Tenbrinck plus féconde, s'est proposé d'y remédier en donnant un autre corps à cette invention, en s'imposant comme conditions du problème : 1° de conserver le foyer actuel intact et sans modification; 2° de reproduire aussi exactement que possible dans le foyer ainsi conservé, les éléments divers et dispositions qui constituent l'âme du foyer Tenbrinck, et en assurent le succès. Ce sont les considérations qui l'ont conduit d'emblée à la solution pratique dont la valeur est constatée par l'essor subit que

son application a reçue aux chemins de fer de l'Est où elle a pris naissance.

Il est sans intérêt de faire ici la description du nouvel appareil. Le lecteur trouvera tous les détails désirables sur sa construction, sa marche et ses effets comparés, dans une note qui a été insérée aux annales des mines (sixième série, tome II, p. 343, 1862). Il suffira de dire que les deux appareils comparés l'un à l'autre, ont des avantages et des inconvénients respectifs, mais qui ne sont que secondaires. La plus grande différence consiste dans la manière de charger et de nettoyer le feu. Dans le foyer Tenbrinck, l'alimentation de la grille et la combustion, se font d'une manière continue, théoriquement plus parfaite, au moyen de la trémie que l'on garnit en temps utile. Dans le foyer Bonnet, le chargement se fait à la pelle, par intermittences, par la porte ordinaire du foyer, et au sommet de la grille. Quoique moins méthodique, puisqu'elle amène en même temps dans le foyer, une masse de combustible frais bien plus grande, et crée un régime intermittent de distillation, cette manière de charger n'a pas eu d'influence sensible sur la production de la fumée; et les résultats économiques des deux appareils sont tellement identiques, qu'il nous a semblé inutile de faire une distinction entre eux dans leur comparaison avec les machines à foyer ordinaire.

Économie de combustible.

On regarde en général un foyer comme anti-économique, par cela même qu'il est fumivore. Cette opinion se fonde sans doute, sur ce que l'expérience n'a jamais été bien favorable à ce genre d'appareils. Serait-ce donc là une raison suffisante de renoncer à la recherche de ce problème, parce que depuis si longtemps qu'il est à l'étude, il n'aurait mené que des solutions négatives ou douteuses? — Quoi qu'il en soit, nous croyons être sur la voie d'un nouveau progrès, et nous mettons le lecteur à même d'en juger la

valeur, en plaçant sous ses yeux les éléments qui lui servent de base. On remarquera que les avantages que nous constatons, ne sont pas le résultat d'une ou de plusieurs expériences isolées, plus ou moins concluantes; mais bien le résumé d'une exploitation générale, qui s'exerce depuis deux ans et demi, et s'étend aujourd'hui à un matériel considérable, sans cesse croissant, qui comprend la totalité des machines à foyer fumivore en service, dont le nombre est supérieur à cent-vingt, et des machines à foyer ordinaire, faisant le même service conjointement avec elles.

A quelle cause faut-il attribuer la diminution de consommation que procurent ces foyers? — Assurément, ce n'est pas parce que la fumée est consumée, puisque la partie solide et colorée de la fumée la plus épaisse ne représente qu'une fraction insignifiante du combustible qui l'a produite. — Un bon emploi de la vapeur par la détente, par les doubles enveloppes des cylindres, tuyaux, etc.; le réchauffage méthodique de l'eau d'alimentation injectée dans la chaudière, tel qu'il est pratiqué depuis fort longtemps par M. Marozeau, aux usines de Wesserling, sont autant de causes d'économie, mais étrangères au cas qui nous occupe. — L'une des sources les plus abondantes d'économie réside dans l'intelligence et les soins des chauffeurs pour conduire leur feu; mais il ne nous semble pas possible d'admettre sur ce point, que les mécaniciens changent leurs habitudes, subitement et d'accord, au fur et à mesure qu'ils changent de machine; surtout quand il s'agit d'un personnel aussi nombreux que celui qui compose la traction d'une grande compagnie de chemins de fer comme l'Est ou Orléans.

Selon nous, ***la vraie source d'économie provient d'une combustion plus complète des gaz combustibles***, qui s'échappent ordinairement du foyer sans avoir été brûlés (*). En

(*) Voir la *Note sur l'appareil fumivore de M. Friedmann*, par M. Couche. — *Annales des mines*, t. II de la 6e série, 1862, p. 365.

effet, le bouilleur, qui est à une distance moyenne de $0^{m}.45$ au-dessus de la grille, et qui lui est à peu près parallèle, divise le foyer en deux compartiments intérieur et supérieur. Il crée par son bord libre un passage étranglé qui sert de communication entre les deux compartiments, et par lequel le mélange gazeux tout entier est forcé de passer.

Cela a pour effet de concentrer en ce point la combustion des gaz, et il en résulte une action réciproque : 1° de cette combustion pour élever la température ; 2° de cette température pour favoriser la combustion des gaz et des parties solides de la fumée. En empêchant les gaz combustibles de se rendre directement de la grille aux tubes par filets qui voyageraient parallèlement, c'est-à-dire sans se brûler, le bouilleur brise et renverse la nappe de flammes dont il double le circuit dans le foyer. Il oblige ces gaz, ainsi que l'air qui a traversé la grille sans se brûler, à venir se resserrer dans le passage étranglé, les met en contact dans un milieu dont la température est plus élevée, et les force déjà à brûler sans le secours de la prise d'air : *ce premier résultat est spontané, et indépendant des soins et de la bonne volonté des mécaniciens.* De plus, l'adjonction de l'entrée d'air en sens inverse du courant des flammes, et *avant leur passage dans l'étranglement créé par le bouilleur*, produit un tourbillonnement qui brasse le mélange, et les gaz achèvent de se brûler dans cette zone, en y augmentant encore la température nécessaire à la combustion de la fumée. Rappelons enfin, que les houilles contiennent toutes une proportion variable, selon leur nature et leur provenance, de matières volatiles presque entièrement composées de gaz et de vapeurs combustibles. Cette proportion est au moins de 30 p. 100 dans les charbons de Sarrebrück. Dans ceux de Bézenet et d'Aubin, qu'emploie le chemin de fer d'Orléans, cette proportion est encore plus grande et attein[t] 35 à 40 p. 100. De plus, toutes ces sortes de charbon o[nt]

une distillation rapide, qui se termine peu d'instants après le charge.

On voit donc tout l'intérêt qu'il y a à ne pas laisser échapper, sans les brûler, ces gaz, qui sont en définitive, la partie la plus saine du combustible, et à régler la prise d'air en conséquence. Beaucoup de mécaniciens ont de la répugnance à adopter l'usage de cet organe ; cela refroidit le foyer, disent-ils, et fait baisser la pression. Il est probable qu'ils l'emploient maladroitement, par exemple, en la laissant ouverte en grand pendant toute la marche, quand elle devrait être fermée, après que la distillation de la charge est terminée ; ou bien alors, ils parlent en souvenir des foyers ordinaires, dans lesquels, en effet, il est toujours préjudiciable de laisser entrer de l'air froid, qui se rend directement de la porte aux tubes, parallèlement aux gaz, sans se mêler à eux, et conséquemment sans les brûler. Ce serait une leçon instructive pour ces hommes, de voir fonctionner les foyers à gaz des hauts fourneaux ; ils se convaincraient ainsi de l'efficacité de l'entrée d'air qu'ils ont à leur disposition, dont ils se privent bénévolement. Bref, nous pensons que ceux qui font un emploi judicieux de la prise d'air, sont ceux qui non-seulement ont la marche la plus économique, mais encore la plus irréprochable au point de vue de la fumée. M. Tenbrinck a souvent montré aux mécaniciens, que l'entrée d'air supplémentaire ne fait nullement baisser la pression, *lorsque la grille est régulièrement chargée à son épaisseur normale ;* et tout le monde peut s'assurer de l'exactitude de ce fait.

Emploi du charbon tout venant de Sarrebrück. — Allocations.

Le gouvernement prussien exploite lui-même les mines de Sarrebrück. Il livre les houilles au commerce à l'état de tout venant, telles qu'elles sortent du puits, et sans aucun nettoyage. Ce tout venant contient beaucoup de gros

schistes, et la proportion de cendres n'y est pas moindre que 12 à 15 p. 100. Dans les foyers ordinaires, la partie menue a le double inconvénient de se tamiser à travers les barreaux de la grille, ou d'être immédiatement enlevée par le tirage; et surtout, de gêner la combustion et de nuire à la production. On peut obvier au premier inconvénient en employant des grilles à barreaux minces et serrés; et c'est ce que nous pratiquons dans nos foyers fumivores. Mais on ne pourrait guère remédier au second, qui paralyse la puissance de la machine, qu'en augmentant la surface de grille, chose impraticable dans les machines existantes. Aussi la Compagnie de l'Est a-t-elle été obligée de faire elle-même pendant un certain temps le triage du tout-venant, pour obtenir le gros charbon nécessaire à son exploitation. Dans l'origine on séparait un tiers de partie menue; proportion que plus tard on a réduite au quart. Ce quart contient le poussier, la grenaille, et quelques petites gaillettes qui ont échappé au crible. La proportion des cendres y est de 18 p. 100.

Quand M. Tenbrinck eut résolu le problème de la combustion de la fumée en opérant sur du gros charbon, il se préoccupa aussitôt de brûler le tout-venant dans son foyer. Il combattit le tamisage en ajoutant des ailettes aux barreaux, de manière à former par leur juxtaposition une série de gradins à la partie supérieure de la grille inclinée; dans le foyer Bonnet, ce sont des barreaux minces et serrés. De plus, le bouilleur présenta naturellement un obstacle efficace à l'enlèvement des escarbilles par le tirage. Enfin, la parfaite combustion des gaz a fait le reste, et elle a été selon nous la cause déterminante qui a permis de substituer le tout-venant de Sarrebrück au gros charbon, sans nuire à la puissance des machines.

Depuis le commencement des expériences (la machine 1 a été mise en service en novembre 1859), jusqu'à la fin de année 1862, les machines à foyer fumivore ont été ali-

mentées avec du gros charbon, comme toutes les autres machines. Le tout-venant n'a été employé qu'exceptionnellement à titre d'essai par quelques machines. A la fin de cette période, les expériences sur l'emploi du tout venant dans les appareils fumivores et sur leur marche économique étaient tellement concluantes, que l'ingénieur en chef du Matériel et de la Traction n'hésita plus à en adopter l'usage exclusif, consacré par l'ordre de service suivant :

« A dater du 1er janvier 1863, toutes les locomotives munies de « grilles et de foyers fumivores devront consommer de la houille « tout-venant. Cette houille sera distribuée aux mécaniciens telle « qu'elle se trouve dans les wagons expédiés des houillères de « Prusse.

« Les chefs de dépôts adresseront leurs demandes à M. L..., « Forbach, de manière qu'il y ait toujours dans les dépôts un ap« provisionnement suffisant pour l'alimentation des machines.

« Épernay, le 23 décembre 1863.

Quelques mois plus tard, un nouvel ordre de service réglait les allocations du tout-venant aux machines fumivores, sur le pied d'une égalité parfaite, poids pour poids, avec les allocations en grosse houille aux machines semblables à foyer ordinaire faisant le même service; un peu plus élevée que les allocations en coke, mais dans une proportion de beaucoup inférieure à celle du prix des deux combustibles. Voici cet ordre de service :

[CHE]MINS DE FER DE L'EST.

—

[Maté]riel et traction.

ORDRE DE SERVICE

CONCERNANT LES PRIMES D'ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLES.

A partir du 1er avril 1863, les allocations de combustibles seront réglées comme suit :

A. DÉSIGNATION DES MACHINES.

DÉPOTS.	Crampton. Coke.	Roues libres. Coke.	Roues libres. Houille. Foyers fumivores.	Mixtes. Coke.	Mixtes. Houille. Foyers ordinaires.	Mixtes. Houille. Foyers fumivores.	Marchandises. Houille. Foyers ordinaires.	Marchandises. Houille. Foyers fumivores.	Engerth. Houille.	Observations.
[Par]is.	9,00	»	»	10,00	»	12,00	17,00	17,00	»	(a)
[Ep]ernay. — Reims.	»	9,00	10,00	10,00	»	12,00	17,00	17.00	»	
[Chà]lons à Mourmelon.	»	»	»	9,00	11,25	11,25	»	»	»	
[Bar]-le-Duc.	»	»	»	11,00	13,50	13,50	»	»	»	
[Fr]ouville.	»	»	»	12,00	15,00	15,00	»	»	»	
[Nan]cy. — Epinal.	9,25	8,50	10,00	9,50	11,75	11,75	16,00	16,00	20,50	(b)
[Mo]ntigny.	»	8,50	10,00	9,75	12,00	12,00	17,50	»	»	
[Reic]hach.	»	»	»	»	»	»	17,00	»	20,00	
[Str]asbourg.	8,75	8,25	9,50	9,50	11,75	11,75	14,00	14,00	»	(c)
[Id]em.	»	»	»	»	»		14.50	14,50	»	(d)
[Mu]lhouse.	»	8,00	»	10,00	12,00	12,00	16,00	»	»	(e)
[Id]em.	»	7,75	»	»	»	»	»	»	»	(f)
[Tro]yes.	»	8,25	9,50	9,50	11,75	11,75	17,50	17,50	»	
[Ch]aumont et Blesme.	»	7,50	9,50	8,25	10,25	10,25	17,25	17,25	»	
[Gra]y.	»	7,50	9,50	8,00	10,00	10,00	16,50	16,50	»	
[No]boin (ligne principale).	»	»	»	9,50	12,00	12,00	»	»	»	(g)
[No]boin à Montereau.	»	7,50	9,50	9,00	11,25	11,25	»	»	»	(h)
[No]boin à Provins.	»	8,00	10,00	9,50	12,00	12,00	»	»	»	

B. *Machines mixtes faisant les trains de marchandises.*

»	»	»	11,00	14,00	14,00	»	»	»

C. *Machines en double traction.*

1 kilog. de moins que l'allocation pour trains.

D. *Machines haut-le-pied ou accouplées comme aide.*

5,50	5,00	6,00	6,00	7,50	7,50	9,00	9,00	11,00

E. *Machines par heure de manœuvre* (6 *kilomètres*).

50,00	50,00	60,00	60,00	75,00	75,00	100,00	100,00	120,00

F. *Machines par heure de stationnement.*

12,00	12,00	15,00	16,00	20,00	20,00	25,00	25,00	30,00

G. *Machines spéciales pour les manœuvres de gare.*

[Vil]lette : Par heure de manœuvre.... Coke, 80 kilog. Houille, 100 kilog.
Idem. de stationnement. Coke, 20 kilog. Houille, 25 kilog.

[Le]s autres dépôts : *Idem.* de manœuvre. Coke, 60 kilog. Houille, 75 kilog.
Idem. de stationnement. Coke, 12 kilog. Houille, 15 kilog.

[(a) ... k]ilog. de moins pour le coke de l'usine à ... (b) Machines 0251 à 0277, 17 kilog. — ... [Mach]ines 01 à 032. — (d) Machines 033 à 062-233 ... (e) Houille de Ronchamp, 1k,50 en moins pour les machines mixtes et 2 kilog. en moin[s] pour celles à marchandises. — (f) Machines [de] Bâle, nos 264 à 287. — (g) Machines ... — (h) Anciennes machines de Troye[s].

Une allocation supplémentaire sera accordée aux machines des trains express et postes, entre Paris et Strasbourg et entre Paris et Mulhouse, ainsi qu'aux trains de voyageurs remorqués par des machines mixtes dans les circonstances ci-dessous :

1° *Trains postes et express de Paris à Strasbourg.*

1 kilog. en sus, quand la charge sera de 11 à 12 voitures;
2 kilog. . . . . *id.* . . . . . . dépassera 12 voitures.

2° *Trains postes et directs de Paris à Mulhouse.*

1 kilog. en sus, quand la charge sera de 9 à 10 voitures;
2 kilog. . . . . *id.* . . . . . . dépassera 10 voitures.

3° *Machines mixtes de trains de voyageurs.*

1 kilog. en sus, quand la charge sera de 17 à 21 voitures;
2 kilog. . . . . *id.* . . . . . . dépassera 21 voitures.

Une allocation supplémentaire de $0^k,50$ de houille par unité de charge et par kilomètre sera accordée aux mécaniciens des trains de marchandises, lorsque la composition du train en simple traction dépassera la limite de charge indiquée dans l'ordre de service n° 221, mais à la condition que le train ne perdra pas de temps en marche.

A la liquidation trimestrielle des primes, il sera accordé un kilogramme de tolérance avant d'opérer la retenue pour excédant de consommation sur les allocations fixées ci-dessus.

Épernay, le 25 mars 1863.

Le prix actuel du charbon tout-venant de Sarrebrück, rendu en wagon en gare de Forbach, est de Fr. 12,25

Le prix auquel ressort le gros charbon trié au quart, en wagon à Forbach, est de :

2/3	de l'aprovisionnement,	à $15^f,05$	moyenne,	14,80
1/3	*idem*,	à $14^f,30$		

Le prix de revient du coke rendu dans les dépôts est, en moyenne, 25 francs; en wagon et en gare de Forbach, il est de. 21,50

Voici donc un combustible de $12^f,25$ qui vient, poids pour poids, en remplacer un autre de $14^f,80$, valeurs qui

sont entre elles comme 5 est à 6; et un troisième de 21f,50, dont le rapport est comme 5 est à 8,8.

Il est vrai que ce changement amène immédiatement une augmentation notable dans les consommations; et cela est naturel, puisque le tout-venant a une valeur industrielle moins grande. Mais cette augmentation de consommation est loin d'être en rapport avec la différence des prix. On trouvera plus bas que la consommation du tout venant en 1863 est partout équivalente ou légèrement inférieure à la consommation respective en grosse houille; qu'elle est supérieure ou équivalente, ou même parfois légèrement inférieure, respectivement aux consommations de coke.

Nous devons encore observer que le coke de Prusse est fabriqué avec des charbons de qualité supérieure à ceux employés dans les locomotives, et que, de plus, le broyage et le lavage le débarrassent d'une quantité notable de matières incombustibles. Ceci explique pourquoi, avec les foyers ordinaires, on ne peut et ne pourra jamais marcher avec ces combustibles, poids pour poids, charbon contre coke, comme cela a lieu sur le chemin de fer du Nord et ailleurs.

Statistique des consommations au chemin de fer de l'Est.

Le tableau des consommations qui suit est le résumé des registres qui servent à établir le décompte des primes allouées aux mécaniciens et chauffeurs pour les économies qu'ils ont réalisées, et des retenues qu'ils ont à subir pour excès de consommation. Ces registres sont établis : 1° au moyen des feuilles de route et autres pièces comptables qui fournissent les parcours, les natures diverses de services effectués par les machines et les mécaniciens, le chiffre des allocations, etc.; 2° au moyen des bons de livraison de combustible faits par le mécanicien dans les différents dépôts où il s'est approvisionné, et qui constatent sa consommation réelle.

CHEMINS DE FER DE L'EST.

Tableau comparatif

NATURE du service et des machines.	DÉPÔTS ET DIRECTIONS.	FOYERS ORDINAIRES.					
		Nombre moyen des machines par mois.	Nombre de mois de service.	Total de l'année. Parcours.	Total de l'année. Consommations.	Consommation kilométrique.	Nature des combustibles.
				kilom.	kilog.	kil.	
Voyageurs. — Machines à roues libres.	Épernay à Reims	3,8	5	44.174	357.915	8,09	[illegible]
	Metz à Forbach, Nancy	3,8	5	79.537	595.967	7,50	id.
	Nancy à Epinal	2,8	5	58.608	386.955	6,61	id.
Voyageurs. — Machines mixtes.	Paris à Châlons	4	2	35.962	279.968	7,78	id.
	Epernay à Paris, Châlons	4	2	29.406	235.328	8,00	id.
	Troyes à Chaumont, Paris, Mortcerf	11,8	6	305.248	2.842.677	9,32	id.
	Metz à Luxembourg	7,33	3	62.833	642.400	10,22	[illegible]
Marchandises.	Nancy à Bar-le-Duc, Strasbourg	15,5	6	289.078	4.305.170	14,89	id.
Voyageurs. — Machines à roues libres.	Epernay à Reims	3	2	13.217	109.908	7,65	[illegible]
	Metz à Forbach, Nancy	3,85	12	176.937	1.321.233	7,47	id.
	Nancy à Epinal	2,50	8	94.508	634.154	6,71	id.
	Gray à Chalendrey, Vesoul	3,66	3	40.405	293.562	7,27	id.
Voyageurs. — Machines mixtes.	Paris à Châlons	»	»	»	»	»	id.
	Epernay à Paris, Châlons	1	1	4.116	35.506	8,64	id.
	Troyes à Paris, Chaumont, Coulommiers	5	6	122.914	1.206.455	9,82	id.
	Nancy à Châlons, Strasbourg	6	9	292.909	2.458.730	8,39	id.
	Paris à Meaux, Coulommiers	7,15	8	184.684	1.693.928	9,18	id.
	Metz à Luxembourg	6,5	12	234.287	2.331.272	9,95	[illegible]
	Vesoul à Epinal, Gray	»	»	»	»	»	
Marchandises.	Nancy à Bar-le-Duc, Strasbourg	14,1	12	512.535	7.586.616	14,80	id.
	Troyes à Paris	11,46	11	411.392	7.091.461	17,22	id.
	Paris à Epernay	13,29	7	307.133	4.126.768	13,44	id.

mmations en 1862 *et* 1863.

FOYERS FUMIVORES.						
Nombre de mois de service.	Total de l'année. Parcours.	Total de l'année. Consommations.	Consommation kilométrique.	Nature des combustibles.	Dépense kilométrique.	OBSERVATIONS.
	kilom.	kilog.	kil.		fr.	
5	14.790	123.590	8,35	grosse houille.	0,1236	Août à décembre.
5	17.270	113.845	6,59	*id.*	0,0975	Juillet à décembre (novembre en moins).
5	20.498	162.145	7,91	*id.*	0,1170	Août à décembre.
6	222.541	1.878.729	8,44	*id.*	0,1249	Juillet à décembre; à partir du 1er septembre il n'y a plus que des machines fumivores.
2	24.427	208.567	8,54	*id.*	0,1264	Novembre à décembre.
6	48.369	452.217	9,36	*id.*	0,1385	Juillet à décembre.
3	9.532	85.701	8,98	*id.*	0,1329	Octobre à décembre.
6	39.664	541.900	13,67	*id.*	0,2023	Juillet à décembre.
2	131.342	1.174.670	8,88	tout-venant.	0,1088	A partir du 1er mars, il n'y a plus que des machines fumivores.
2	43.289	326.015	7,53	*id.*	0,0922	En avril, mai, juin et juillet la machine 21 fumivore a été en réparation.
	32.042	263.390	8,21	*id.*	0,1006	
	10.677	75.111	7,03	*id.*	0,0861	Octobre à décembre.
	459.811	3.981.356	8,67	*id.*	0,1062	A partir du 1er février il n'y a plus que des machines fumivores.
	258.846	2.195.812	8,48	*id.*	0,1039	
	523.452	5.2[illegible]0.117	10,09	*id.*	0,1236	A partir du 1er juillet il n'y a plus que des machines fumivores.
	165.323	1.504.188	9,09	*id.*	0,1114	Avril à décembre.
	140.482	1.325.377	9,44	*id.*	0,1156	Mai à décembre.
	56.453	553.213	9,81	*id.*	0,1202	Octobre à décembre. Le service a commencé entièrement avec des machines fumivores.
	57.574	471.082	8,18	*id.*	0,1002	
	63.355	932.496	14,72	*id.*	0,1803	
	59.637	991.399	16,63	*id.*	0,2037	Février à décembre.
	44.198	508.467	11,50	*id.*	0,1409	Mars à septembre.

Remarques sur les moyennes de consommation.

Le relevé des consommations de 1862 ne commence qu'au mois de juillet, parce que c'est à cette époque seulement que l'on a commencé à faire ce travail d'une manière régulière et générale. On trouvera dans le rapport de M. Couche la consommation des appareils Tenbrinck pendant les années 1860 et 1861.

Jusqu'à la fin de 1862, les machines fumivores sont portées comme ayant consommé du gros charbon, quoique quelques-unes aient déjà brûlé du tout-venant comme essai. Il ne nous a pas été possible de tenir compte de cette circonstance, faute de documents suffisants et à cause de l'irrégularité des essais. D'ailleurs, les chiffres de 1862 ne peuvent qu'être corroborés par ce fait, puisque les machines fumivores ont employé en réalité un charbon d'une qualité moyenne un peu inférieure à celle qui est portée en compte.

Le relevé de l'année 1863 comprend les douze mois de l'année. Dans cette période, toutes les machines fumivores, sans exception, ont consommé du charbon tout-venant, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

La statistique des consommations du chemin de fer de l'Est accuse incontestablement un avantage très-sérieux en faveur des foyers fumivores. Nous devons, pour être sincères, placer sous les yeux des hommes compétents les explications que donnent de ce fait bien constaté, des ingénieurs éminents.

C'est que, disent-ils, les appareils fumivores n'ont jusqu'à présent placés que sur des machines qui entrai aux ateliers en grande réparation, et qui en sortaient bon état, pour être mises en service parallèlement à d'autres machines à foyer ordinaire dans un état mo d'usure. Or, les machines nouvellement réparées ont général des frottements et un jeu plus doux, qui donn

lieu à des résistances moindres que celles des machines qui ont un certain temps de service, ce qui se traduit par une petite différence dans les consommations. Cette influence doit être plus sensible dans les cas où, comme dans le service des marchandises, il n'y a qu'une ou deux machines fumivores à comparer à un grand nombre d'autres à foyers ordinaires, dont quelques-unes, il est vrai, sortent aussi des ateliers. Il est donc probable que les consommations des machines fumivores augmenteraient légèrement, à mesure que ces machines se rapprocheraient de l'instant de rentrer en réparation, comme cela a lieu pour les machines à foyer ordinaire et dans la même proportion.

Sans vouloir contredire les considérations ci-dessus, que notre conscience nous fait un devoir de mentionner, nous devons cependant remarquer que plusieurs des machines fumivores dont les consommations sont les plus faibles sont en service depuis plus de deux années, et sont sous ce rapport comparables aux machines à foyer ordinaire.

Les machines sortant de réparation ne sont pas non plus toujours celles qui consomment le moins.

En outre, les machines fumivores, à leur mise en service, sont toujours conduites par des machinistes qui ne sont pas au courant de la manière toute différente de conduire le feu. Il est même arrivé souvent que ces hommes, troublés dans leurs habitudes, n'ont pu marcher régulièrement avec nos appareils; plusieurs sont même restés en route. Tous ont eu besoin d'un certain temps pour apprendre à conduire ces foyers nouveaux pour eux; et nous pensons que ces appareils neufs, entre les mains d'hommes qui ne sont pas encore au courant de leur conduite, doivent consommer plus que ceux qui sont en service depuis quelque temps.

Nous croyons faire acte d'impartialité en plaçant sous les yeux des hommes compétents les considérations pour et contre les résultats des consommations consignés au tableau

ci-dessus, dont les chiffres par eux-mêmes sont rigoureusement vrais.

Nous n'avons pas voulu grouper les chiffres précédents pour en former des moyennes générales. Cette conclusion, selon nous, ne saurait être exacte; car pour que des expériences soient comparables, il faut que toutes choses y soient égales.

Ainsi, il aurait fallu rapporter les natures différentes de combustible à l'une d'elles prise pour unité, en adoptant pour les autres un coefficient qui représenterait leur qualité relative. Comment fixer ce coefficient?

Il ne serait guère plus exact de grouper les consommations faites par des machines semblables, mais faisant quelquefois des services fort différents; à plus forte raison celles des machines mixtes ou à roues libres avec celles des machines à marchandises, quand même toutes ces machines emploieraient un même combustible. Cette méthode qui peut être suffisante pour une statistique générale, serait sans intérêt pour le cas qui nous occupe.

Une troisième cause d'erreur résulterait de la disproportion qui existe dans beaucoup de cas, entre le nombre des machines à foyer ordinaire et le nombre des machines semblables à foyer fumivore faisant le même service. Le tableau des consommations a été commencé, pour chaque dépôt, à l'instant où une première machine fumivore y entrait en service régulier. Dans quelques cas, le nombre de ces machines est demeuré restreint, comme sont tous les services de marchandises; dans d'autres cas, leur nombre s'est augmenté successivement, jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus d'autres, comme est le service des mixtes du dépôt de Paris sur Châlons. Nous avons néanmoins maintenu au tableau tous les résultats de la statistique, car s'il eût fallu ne tenir compte que de ceux obtenus dans les services où les machines à foyer ordinaire et celles à foyer fumivore se sont trouvées concurremment en nombre à peu près égal, et fonctionnant dans le même temps, on eût été conduit

supprimer presque tout, et l'on se serait privé de la sorte d'un renseignement précieux.

Nous avons préféré donner le travail de la statistique des consommations dans son entier, tel qu'il s'est fait à l'Est, en indiquant les éléments qui peuvent éclairer l'esprit du lecteur, tels que les parcours et les consommations totaux, le nombre de mois de service, le nombre des machines en service, la nature du combustible; laissant à chacun le soin de rapprocher les chiffres, selon les conclusions qu'il voudra en tirer.

Dépense comparée.

Nous terminons nos observations sur les consommations de combustible en faisant remarquer que la meilleure manière, peut-être, d'obtenir le chiffre d'économie serait de faire une comparaison de la dépense en argent. En conséquence, nous avons placé le chiffre de la dépense kilométrique à côté de la consommation kilométrique, en appliquant à celle-ci le prix indiqué plus haut par nature de combustible. On voit que la dépense faite par les machines à foyer fumivore est restée constamment inférieure à celle des machines à foyer ordinaire, quels que soient les combustibles employés de part et d'autre et malgré le surcroît de consommation survenu en 1863, par suite de l'emploi du charbon tout-venant par les machines fumivores. On voit aussi que dans plusieurs services, non-seulement le gros charbon, d'abord, a remplacé le coke poids pour poids et au-dessous; mais encore le charbon tout-venant a remplacé de même en plusieurs points, soit le coke, soit le gros charbon. En ce cas, le profit est précisément égal à la différence entre le prix des combustibles; ainsi, il est environ de moitié, soit de 50 p. 100 pour le tout-venant substitué au coke, dont le prix est à peu près double.

Exactement :

Tout-venant comparé au coke :

$$(21^f,50 - 12^f,25) = 9^f,25 ; \frac{9^f,25}{21^f,50} = 43,02 \text{ p. } 100.$$

Gros charbon comparé au coke :

$$(21^f,50 - 14^f,80) = 6^f,70 ; \frac{6^f,70}{21^f,50} = 31,16 \text{ p. } 100.$$

Tout-venant comparé au gros charbon :

$$(14^f,80 - 12^f,25) = 2^f,55 ; \frac{2^f,55}{14^f,80} = 17,23 \text{ p. } 100.$$

Prenons un exemple : Le résultat le moins favorable en 1863 est fourni par le service des marchandises de Nancy à Bar-le-Duc et Strasbourg. Les consommations y sont à très-peu près égales de part et d'autre.

Or la consommation totale du gros charbon pendant la même année a été de 113,099,452 kilogrammes.

Ayant coûté à $14^f,80$ chiffre moyen.	1 673 871f,[illegible]
la même quantité de tout-venant à $12^f,25$, eût coûté.	1 385 468f,[illegible]
Et procuré une économie de.	288 403f,[illegible]

Consommations au chemin de fer d'Orléans.

Le chemin de fer d'Orléans, qui possède un grand nombre de machines fumivores, ne peut faire de relevé comparatif présentant un intérêt sérieux. Les machines brûlent tantôt des charbons ou des briquettes du Nord, ou bien du charbon de Bézenet ou d'Aubin, ainsi que des briquettes anglaises de différentes qualités. Ces différents combustibles ne sont jamais employés pendant un temps suffisant dans les mêmes dépôts. Cette observation concerne aussi bien les machines fumivores que celles à foyer ordinaire. Dans ces conditions, la Compagnie d'Orléans n'a pu faire que des comparaisons de dépense en argent ; ces comparaisons sont toutes en faveur de nos foyers fumivores (*).

Situation actuelle.

La situation des machines munies du foyer fumivore du système Tenbrinck, ou de sa modification par M. Bonnet, est la suivante au 31 juillet 1864 :

(*) Voir ci-après, page 341.

Situation au 31 juillet 1864.

ANNÉES.	FOYER TENBRINCK. Roues libres.	Mixtes.	Marchandises.	Total.	FOYER BONNET. Roues libres.	Mixtes.	Marchandises.	Total.	TOTAL général.
Chemin de fer de l'Est.									
1859	»	1	»	1	»	»	»	»	1
1861	2	1	1	4	»	»	»	»	4
1862	»	7	2	9	2	14	2	18	27
1863	»	11	5	16	3	34	»	37	72
	»	[illegible]*	5*	19*	»	»	»	»	
1864	»	1	1	2	1	12	»	13	23
	»	2*	»	2*	»	»	»	»	
Totaux au 31 juillet 1864				53				74	127
En construction	»	»	»	»	7	4	»	11	11
Total									138
Chemin de fer d'Orléans.									
1861	1	»	»	1	»	»	»	»	1
1862	»	15	»	15	»	2	»	2	32
	8*	7*	»	15*	»	»	»	»	
1863	»	33	»	30	»	3	»	3	[illegible]
	4*	»	10*	[illegible]*	»	»	2*	2*	
1864	2	15	»	17	»	7	»	7	[illegible]
	3*	13*	3*	19*	»	»	2*	2*	
Totaux au 31 juillet 1864				130				21	[illegible]
En construction	4	13	»	17	»	13	»	13	62
	12*	20*	»	32*	»	»	»	»	
Total									[illegible]

NOTA. Les chiffres suivis d'un astérisque désignent le nombre de machines [illegible] euves construites immédiatement avec le foyer fumivore.

Les deux Compagnies d'Orléans et de l'Est persistent dans [le] choix qu'elles ont fait, et continuent d'appliquer ses appareils au fur et à mesure que les machines passent aux [ate]liers de réparation.

A l'appui de cette assertion, nous transcrivons la réponse faite par le conseil d'administration de la Compagnie de l'Est à la lettre en date du 1er février 1864, adressée par Son Exc. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, à toutes les Compagnies de chemins de fer, et relative à l'enquête sur la construction et l'exploitation des chemins de fer.

La partie de la dépêche ministérielle relative aux foyers fumivores est ainsi conçue (*Annales des Mines*, 6e série, t. V, 1864; Lois, décrets, circulaires, etc., p. 58).

« Paris, le 1er février 1864.

« . . . .

« Appareils fumivores. — L'art. 32, § 1 du cahier des charges « stipule que les machines locomotives devront consumer leur « fumée. Vous vous rappelez, messieurs, la marche qui a été suivie « par mes prédécesseurs pour l'application de cette disposition : ils « ne se sont pas opposés à la substitution progressive de la houille « au coke, bien que la combustion de la fumée ne fut pas com- « plète; ils ont encouragé même, par une tolérance très-bien jus- « tifiée, cette pratique qui au point de vue économique, présente « d'incontestables avantages, et ils ont suivi avec intérêt les essais « qui ont été faits par quelques inventeurs pour arriver à la com- « bustion complète de la fumée de la houille.

« Aujourd'hui que plusieurs des systèmes soumis à l'expérience « ont amené de bons résultats, le moment semble arrivé où l'admi- « nistration peut, sans craindre de nuire au progrès que doit ame- « ner l'emploi de la houille, tenir la main à la stricte exécution du « 1er paragraphe de l'art. 32 du cahier des charges.

« En conséquence, je vous invite à vouloir bien, dans un délai de « six mois, vous mettre en mesure d'appliquer, sans exception, aux « locomotives à voyageurs qui doivent brûler de la houille, l'un des « appareils fumivores dont l'efficacité a été reconnue.

« . . . .

« *Le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,*

Signé : « ARMAND BÉHIC. »

La réponse de la Compagnie de l'Est a été la suivante

« . . . .

« 3. Appareils fumivores.

« La compagnie de l'Est n'a jamais perdu de vue l'obligation rela-
« tive à la suppression de la fumée; et depuis de longues années,
« elle a fait de très-nombreuses expériences sur tous les appareils
« fumivores. Après avoir employé les grilles proposées par M. Du-
« méry, nous avons expérimenté les dispositions imaginées par un
» de nos ingénieurs, M. Tenbrinck; et ces dispositions, votre excel-
« lence ne l'ignore pas, peuvent être rangées parmi celles qui ont
« résolu le problème de la manière la plus satisfaisante.

« L'appareil Tenbrinck est placé sur 125 de nos machines et nous
« nous disposons à l'appliquer sur un plus grand nombre encore.

« L'appareil désigné sous le nom de *souffleur*, et qui fait dispa-
« raître les plus grands inconvénients de la fumée, est placé sur
« un grand nombre de machines, et il le sera prochainement sur
« toutes, etc.»

« . . . .

Nous n'avons pas eu communication de la réponse de la Compagnie d'Orléans; mais nous croyons savoir qu'elle n'est pas moins favorable que celle de la Compagnie de l'Est; et la preuve en est qu'Orléans a, en ce moment, soixante-deux foyers en construction.

D'autres compagnies de chemins de fer, en France, en Prusse et en Espagne, ont monté quelques appareils à titre d'essai. Nous n'en parlerons pas autrement.

Observations sur le bouilleur.

Nous terminerons cette notice en disant quelques mots du bouilleur. Cet organe est tellement important, soit par les fonctions diverses qu'il remplit, soit par la nature de sa construction et par sa valeur, qu'il a fixé tout d'abord l'attention des ingénieurs. Il est certain que les rudes épreuves auxquelles il est soumis étaient de nature à inspirer des craintes sérieuses; et qu'en créant un entretien dispen-dieux et même impossible, la découverte de M. Tenbri[illegible] aurait été paralysée dès son début, si elles se fussent [illegible]isées.

Il n'en a pas été ainsi. L'expérience, le vrai guide à consulter en pareille matière, a démontré que ces craintes étaient sans fondement. Le bouilleur résiste à l'action du feu et aux effets de la dilatation, par suite de sa forme particulière. Il est suspendu aux parois du foyer, dont il est d'ailleurs complétement isolé, au moyen de quatre tubulures en cuivre mince suffisamment flexibles pour se prêter sans fatigue aux dilatations. Ces tubulures établissent une large circulation de l'eau et de la vapeur dans l'intérieur du bouilleur, qui peut ainsi supporter sans souffrir les violents coups de feu auxquels il est exposé. Les dépôts et incrustations dans le corps du bouilleur et dans les tubulures ne diffèrent point de ceux qui se forment dans les autres parties du foyer, et ne nécessitent pas des soins particuliers. Seulement, le lavage doit être fait régulièrement toutes les fois qu'on nettoie la chaudière; moyennant cette précaution, les obstructions ne sont pas à craindre.

Si les matières employées pour la confection du bouilleur et surtout des tubulures, sont de bonne qualité, et si le montage a été convenablement soigné, le bouilleur n'exige ni plus ni moins d'entretien que n'importe quelle autre partie du foyer. Le doyen de tous les bouilleurs Tenbrinck, celui de la machine 91 de l'Est, qui est en service depuis près de cinq années, a un parcours de 161.658 kilomètres (fin juin); cinq autres machines ont des parcours de 131.391 kilomètres à 102.208; quatre autres ont de 96.1[illegible] à 82.249, et ainsi de suite, en décroissant. Les bouilleurs de ces machines n'offrent pas de trace d'altération ni d'amincissement, et promettent une durée au moins égale à celle des foyers les mieux établis. « C'est en durant, » a dit M. Couche il y a déjà plus de deux ans, « que le bouilleur « prouvé qu'il peut durer. »

Rappelons enfin qu'en recevant impunément le coup de feu, cet organe préserve la partie tubulaire des plaques et les rivures d'angle de l'action désastreuse des dilatations

et des contractions alternatives, qui sont la conséquence forcée de l'introduction des charges de combustible. En faisant disparaître les fuites des viroles, et avec elles les matages qui ont toujours été la principale cause de la destruction des plaques, le bouilleur a eu pour effets inattendus de procurer la conservation des plaques tubulaires et de rendre si rares les détresses de route pour accidents aux viroles des tubes, qu'elles sont devenues à peu près inconnues avec ces machines.

Paris, le 12 août 1864.

P. S. Statistique des consommations au chemin de fer d'Orléans.

Le service du matériel du chemin d'Orléans veut bien nous communiquer le tableau des consommations comparées de ses machines à foyer fumivore, en 1863, qu'il vient de faire dresser. Il ne nous est pas parvenu assez tôt pour pouvoir l'insérer dans notre Mémoire.

CHEMIN

Comparaison des consommations entre les machines fumi

MOIS.	MACHINES						
	A ROUES LIBRES.						
	Paris à Tours.		Poitiers à Bordeaux.		Savenay à Lorient.		
	Coke. Foyer ordinaire.	Houille. Tenbrinck.	Coke. Foyer ordinaire.	Houille. Tenbrinck.	Coke. Foyer ordinaire.	Houille. Tenbrinck.	Houille. Boa[illegible]
1863	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Janvier.	5,83	7,12	5,62	6,13	5,97	6,51	[illegible]
Février.	5,50	7,40	4,99	6,04	5,08	5,50	6,3[illegible]
Mars.	5,46	7,18	5,28	6,05	4,71	6,07	5,30
Avril.	5,37	6,54	4,90	5,92	4,60	5,80	5,24
Mai.	5,38	6,72	4,93	6,19	4,87	5,57	5,31
Juin.	5,06	6,40	4,76	6,80	4,86	5,48	5,1[illegible]
Juillet.	4,92	6,35	4,80	6,11	5,00	5,64	6,31
Août.	4,97	6,69	4,64	6,22	4,88	5,64	5,73
Septembre.	5,27	6,48	5,05	6,08	5,45	6,38	6,37
Octobre.	5,43	6,39	4,93	5,89	5,46	6,58	6,34
Novembre.	5,85	6,38	5,15	5,37	4,90	6,79	6,07
Décembre.	5,59	6,43	5,33	5,35	5,47	6,59	6,06
Moyennes. . . .	5,38	6,67	5,03	6,01	5,10	6,04	5,63

ER D'ORLÉANS.

les autres de même type faisant le même service. (Année 1863.)

)YAGEURS			MACHINES MIXTES						
:OUPLÉES.			À ROUES ACCOUPLÉES.					6 ROUES ACCOUPLÉES.	
IX. - k.	Périgueux à Limoges. Périgueux à Brives.		Périgueux à Limoges. Périgueux à Brives.		Viviez. . { Rodez à Montauban. Rodez à Brives.			Montluçon à Moulins. Montluçon à Bourges.	
	Coke. Foyer ordinaire.	Houille. Tenbrinck.	Coke. Foyer ordinaire.	Houille. Bonnet.	Coke. Foyer ordinaire.	Houille. Tenbrinck.	Houille. Bonnet.	Coke et houille. Foyer ordinaire.	Houille. Tenbrinck.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
	»	7,13	5,73	5,66	7,78	8,55	7,57	9,19	9,03
	»	6,65	5,55	5,89	8,19	9,05	8,29	8,78	9,04
	»	6,75	5,99	6,32	8,44	8,97	8,31	9,08	8,95
	»	6,48	5,23	6,08	7,90	8,51	8,65	8,42	8,38
	»	5,83	5,05	5,99	7,54	8,14	7,89	8,01	8,39
	»	5,64	4,75	6,27	7,50	8,26	7,45	7,00	8,44
	»	5,89	4,50	6,28	7,38	7,79	6,96	7,70	7,62
	»	6,05	5,28	7,19	6,45	7,76	7,32	7,50	8,12
	»	6,02	5,84	7,57	6,36	8,16	8,03	7,63	8,14
	»	5,94	5,97	7,36	»	8,09	6,80	7,79	7,66
	»	6,24	6,66	7,20	»	8,42	7,40	8,89	7,14
	»	6,19	6,72	7,86	»	8,35	8,01	7,96	8,05
	»	6,23	5,60	6,64	7,50	8,34	7,72	8,16	8,24

On voit que toutes les machines ordinaires qui ont fait le service, conjointement avec celles à foyer fumivore, ont consommé du coke, à l'exception des machines à six roues accouplées, de Montluçon à Moulins et à Bourges, qui ont brûlé un mélange de coke et de houille. En prenant, dans chaque cas, la consommation de coke pour unité, celle de houille faite par les machines fumivores a été :

Machines à voyageurs	à roues libres	Paris à Tours	1,24
		Poitiers à Bordeaux	1,18
	à roues accouplées	Savenay à Lorient	1,16
		Poitiers à Bordeaux et à Aigrefeuille	1,17
Machines mixtes	à roues accouplées	Périgueux à Limoges et à Brives	1,30
		Rodez à Montauban et à Brives	1,27
Machines à six roues accouplées		Montluçon à Moulins et Bourges	1,48
		Moyenne générale	1,25

L'opération analogue faite sur les machines de l'Es en 1863, fournit les chiffres suivants :

Machines à roues libres	Épernay à Reims	1,16
	Metz à Forbach et à Nancy	1,01
	Nancy à Epinal	1,22
	Gray à Chalindrey et à Vesoul	0,97
Machines mixtes	Épernay à Paris et à Châlons	0,95
	Troyes à Paris à Chaumont et à Coulommiers	1,03
	Nancy à Châlons et à Strasbourg	1,00
	Paris à Meaux et à Coulommiers	1,03
	Moyenne générale	1,06

Ainsi la consommation de houille faite par les machines fumivores comparée à la consommation de coke faite par les machines à foyer ordinaire est un peu plus forte au chemin de fer d'Orléans qu'au chemin de fer de l'Est. Cela provient de la grande différence qui existe dans la qualité de cokes employés par les deux compagnies.

Mais d'autre part, sur le réseau d'Orléans, les foyers fumivores sont appelés à substituer les charbons indigènes d Bezenet et d'Aubin qui valent l'un et l'autre 16 francs pri à la mine, en wagon : 1° aux cokes belges valant 36f,9 rendus à Paris, aux cokes de Carmaux valant 42 francs ren

dus à Bordeaux, et à ceux fabriqués à Nantes et à Bordeaux avec les houilles anglaises, valant 40 à 45 francs suivant le fret; 2° aux houilles belges valant 34 francs rendues à Paris, aux houilles anglaises du pays de Galles qui valent 35 francs à Bordeaux et à Saint-Nazaire; 3° aux briquettes belges et anglaises valant 29f,50 et 31f,50 rendues respectivement à Paris et à Bordeaux ou la Rochelle. (Voir, pour tous ces prix, qui sont ceux de 1862, le rapport de M. Couche.)

L'économie qui résulterait de la substitution des houilles de Bezenet et d'Aubin aux cokes employés par la compagnie d'Orléans, serait donc plus grande encore que celle qui est obtenue par la compagnie de l'Est en remplaçant ses cokes de Dudweiler par les houilles de Sarrebrück, et compenserait largement la petite augmentation de consommation due à l'infériorité de qualité des cokes de Dudweiler.

Paris, le 20 septembre 1864.

CONDENSEUR BAROMÉTRIQUE

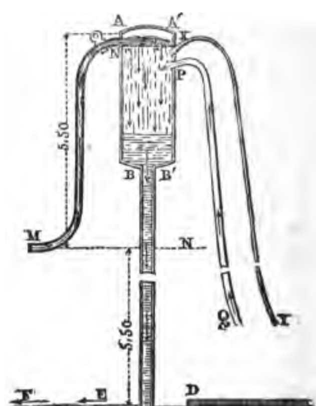
PROPOSÉ

Par M. CARRÉ, chef d'escadron-d'état major.

Le trait saillant de ce condenseur est de pouvoir fonctionner sans pompe, sauf cependant une petite pompe à gaz destinée à purger l'appareil des gaz que peuvent y apporter la vapeur et l'eau froide qu'on y met en présence.

Pour nous placer dans le cas le plus caractérisé de son application, supposons qu'une usine située dans une vallée à forte pente, ou adosée à des collines, jouisse d'une petite prise d'eau ou d'une source suffisamment abondante amenée par un simple tuyau, et conservant une hauteur de chute d'environ $5^m,50$ au-dessus du plan d'écoulement naturel des eaux dans l'établissement.

Voici la construction du condenseur barométrique qui pourra être appliqué à la machine à vapeur de cette usine.



Ce condenseur se compose d'un tuyau en tôle, placé verticalement ayant 11^{m},50 de hauteur totale invariable, fermé à l'extrémité supérieure et ouvert à l'extrémité inférieure (c'est la colonne barométrique du condenseur). Dans les trois derniers mètres de son extrémité supérieure ce tuyau est renflé en forme de cylindre, ayant environ cinq fois le diamètre du tuyau (c'est la chambre barométrique du condenseur).

La partie inférieure de la colonne plonge de 0^{m},50 dans une bâche pleine d'eau pratiquée dans le sol et munie d'un déversoir pour le trop-plein (c'est la cuvette barométrique du condenseur).

Trois tuyaux se rendent dans la chambre du condenseur : 1° un tuyau qui amène la vapeur d'échappement de la machine pour l'y condenser ; il débouche à 0^{m},50 de l'extrémité supérieure de la chambre ; 2° le tuyau d'aspiration de la petite pompe à gaz mue par la machine et dont il *a été* fait mention au commencement (*) ; 3° un tuyau qui amène l'eau de condensation à l'extrémité supérieure de la chambre dans laquelle elle est distribuée en pluie par un diaphragme en cuivre criblé de trous.

Un robinet placé tout près de son entrée dans la chambre permet d'y introduire ou d'arrêter l'eau à volonté.

Supposons que le condenseur soit totalement rempli d'eau, puisque sa longueur dépasse 10^{m},33, un certain vide barométrique se formera dans la chambre. Ce vide ne cessera pas de subsister, au moins en grande partie, si l'on y envoie la vapeur d'échappement, mais à la condition de l'y condenser rapidement.

(*) Le jeu de la pompe à gaz doit être disposé de manière que son temps d'aspiration précède immédiatement l'arrivée de chaque bouffée de vapeur dans le condenseur.

Quant à l'eau de condensation, puisqu'elle ne remonte qu'à 5^{m},50, en vertu du niveau supposé de la source, il lui restera à s'élever encore de 5^{m},50 pour atteindre le sommet de l'appareil qui a 11 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la bâche.

Or il est facile de voir que si la pression dans la chambre du condenseur vient à être réduite à 20 ou 25 centimètres de mercure seulement, l'excès de pression atmosphérique sera plus que suffisant pour élever de 5,50 à 11 mètres cette eau de condensation, et pour l'injecter dans la chambre.

Ainsi la vapeur sera continuellement condensée, et l'eau résultant de l'opération, venant à augmenter la hauteur de la colonne liquide inférieure, vaincra la pression atmosphérique et dégorgera par son propre poids dans la bâche.

La mise en train du condenseur s'effectuera en marchant quelque temps à vapeur perdue, pour chasser l'air de l'appareil, avant d'introduire l'eau dans la bâche, et d'ouvrir le robinet qui donne accès à l'eau de condensation.

Nous avons supposé que notre usine était en possession d'une prise d'eau élevée; faisons de suite remarquer que si, au lieu d'une prise d'eau, elle pouvait disposer, par égout, absorption ou autrement, d'une perte d'eau de profondeur équivalente, rien ne serait changé dans les conditions d'emploi du condenseur barométrique. Dans ce cas la chambre du condenseur serait placée plus ou moins au-dessus, et la bâche moins ou plus au-dessous du sol de l'usine, de façon à ce que la longueur totale de l'appareil soit toujours la même.

Enfin il ne serait pas impossible que le condenseur barométrique fût avantageux, alors même qu'on ne posséderait ni prise ni perte d'eau; dans ce cas, il faudrait y ajouter une pompe dont la fonction serait de faire monter et de refouler l'eau de condensation dans la chambre. Cette pompe

en effet, n'aurait à peu près à fournir qu'un travail direct correspondant à la charge d'eau de hauteur égale à celle qu'occupe dans le sommet de l'appareil le vide barométrique, ce qui est fort peu en comparaison du travail considérable que doit produire la pompe d'extraction dite *pompe à air* des condenseurs ordinaires.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE (*)

POUR LES ANNÉES 1862 ET 1863.

Par M. DELESSE,

Ingénieur en chef des mines.

LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est, chaque année, l'objet d'un grand nombre de travaux dont la connaissance offre de l'intérêt à toutes les personnes qui s'occupent de géologie et dont nous allons donner un résumé.

Il aura spécialement pour objet la classification des roches, leur description, leur métamorphisme, ainsi que diverses questions relatives à leur âge et à leur origine.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.

Relation entre les forces mécaniques et chimiques. — M. H. Clifton Sorby (1) a entrepris une série d'expériences dans lesquelles il s'est proposé de mettre bien en évidence l'influence que les forces mécaniques exercent sur les actions chimiques. Dans ce but des tubes de verre ont été fermés à la lampe, après avoir été remplis complétement par les substances qu'il s'agissait d'examiner. Comme cette dernière opération avait lieu à une température très-basse, lorsque les tubes étaient ramenés à la température ordinaire, ils contenaient des dissolutions qui se trouvaient soumises à de très-

(*) Nous croyons devoir observer relativement à ces *Extraits de Géologie* que nous avons quelquefois été conduits à donner une analyse des opinions les plus diverses et aussi les plus extrêmes; mais nous en laissons la responsabilité à chaque auteur, et leur publication dans ce Recueil n'implique aucunement leur approbation par la Commission des *Annales des Mines*.

(1) *London Review*, 9 mai 1863. — *The Athenæum*.

fortes pressions. Elles atteignirent, en effet, 1.000 à 1.500 kilogrammes par pouce quarré et elles pouvaient être maintenues pendant des mois entiers; elles étaient d'ailleurs indiquées et mesurées par un tube capillaire renfermé dans le tube principal. On savait déjà par les recherches de Carnot, W. Hopkins, W. Thompson et Bunsen, que la pression exerce de l'influence sur le point de fusion et de solidification des diverses substances; mais M. Sorby a complété ces recherches en établissant par l'expérience qu'un sel soumis à une pression devient plus soluble lorsqu'il se contracte en se dissolvant, tandis qu'il est au contraire moins soluble lorsqu'il se dilate.

Comme il était facile de le prévoir, les résultats varient du reste avec la nature du sel. Pour le sel marin, on peut admettre que la quantité supplémentaire qui est dissoute augmente directement et simplement comme la pression.

D'un autre côté, en soumettant le sulfate de cuivre et le cyanoferrure de potassium à la même pression, on trouve que la quantité dissoute est dix fois plus grande pour le premier que pour le second.

M. Sorby conclut de ses expériences que la pression rend l'action chimique tantôt plus lente et tantôt au contraire plus vive.

Bien que ces recherches appartiennent surtout au domaine de la physique, il était utile de les signaler, car elles montrent l'influence que d'énormes pressions, comme celles qui agissent à l'intérieur de la terre, doivent nécessairement exercer sur la formation des minéraux; par suite elles peuvent jeter du jour sur diverses questions de géologie, particulièrement sur le métamorphisme.

Emploi de la chaleur pour reconnaître les fossiles dans les calcaires compactes. — Lorsqu'on veut déterminer une roche et étudier sa structure intime, il est souvent avantageux de lui faire subir une calcination. Pour les roches silicatées, ce petit artifice donne de très-bons résultats, et il peut encore être utilement employé pour les calcaires, spécialement quand ils sont compactes; M. Kaufmann (1) s'en est servi notamment pour rendre visibles les fossiles microscopiques qu'ils renferment. Pour opérer, il convient de polir d'abord le calcaire, puis on le chauffe au chalumeau sans dépasser le rouge sombre. Lorsqu'il contient des foraminifères, comme le calcaire de Seewen, les têts de ces fossiles se détachent alors en blanc par l'action de la chaleur, de sorte qu'il devient facile de les voir et même de les déterminer.

(1) *Archives des sciences physiques et naturelles*, 1862; XV, 140.

CLASSIFICATION.

Classification des silicates qui constituent les roches basée sur la proportion de leurs bases à un atome. — Les silicates qui composent essentiellement les roches sont peu nombreux et de plus les bases qu'ils renferment sont à peu près les mêmes. On conçoit donc qu'il soit utile de connaître la série de ces silicates ordonnés d'après la proportion de chacune de leurs bases ; c'est ce que M. J. Roth (1) a fait pour les bases à un atome.

KO.	NaO.	CaO.	MgO.	FeO.
Amphigène.	Albite.	Anorthite. Sphène. Pistazite.	Peridot. Chlorite. Talc. Serpentine.	Chlorophæite.
Orthose.	Oligoclase. Nepheline.	Labrador.	»	»
»	»	Pyroxène (augite). Hornblende.	Pyroxène (augite). Hornblende. Tourmaline.	Pyroxène (augite). Hornblende. Tourmaline.
»	Labrador.	Oligoclase.	»	Chlorite. Peridot.
Mica potassique.	»	Grenat.	Mica magnésien	Grenat.
»	Haüyne.	Haüyne.	»	Tourmaline.
Mica magnésien.	»	»	Mica potassique	Serpentine.
Nepheline.	Mica potassique.	»	»	Mica magnésien
Haüyne.	»	»	»	»
Oligoclase.	Orthose.	»	Grenat.	»
Labrador.	Anorthite.	Néphéline.	»	»
Hornblende.	»	Mica magnésien	Orthose.	»
Tourmaline.	Hornblende.	Mica potassique	»	»
»	Mica magnésien.	Orthose.	»	»
Anorthite.	Amphigène.	Tourmaline.	»	»
»	Tourmaline	Amphigène.	Oligoclase. Labrador. Néphéline. Anorthite.	

Ce tableau montre, par exemple, qu'une roche dans laquelle l'or-ose domine, contient surtout de la potasse, tandis que c'est la chaux i devient la base la plus abondante quand elle est à base d'anor-ite. Par conséquent, il est facile d'avoir de suite des indications nérales sur la composition chimique d'une roche dès que l'on ut distinguer ses minéraux.

(1) *Die Gesteins-Analysen*, p. 18.

On comprend d'ailleurs que s'il est aisé d'ordonner les silicates relativement à une base qui s'y trouve en grande quantité, il n'en est plus de même lorsque sa proportion devient très-faible; aussi les minéraux relégués à la partie inférieure du tableau n'ont-ils pas un rang bien déterminé.

Classification des roches basée sur leur composition et sur leur origine.— Tous les lithologistes savent combien la classification des roches présente de difficultés; ces difficultés tiennent particulièrement à ce que les roches ne sont pas des espèces minérales, à ce qu'elles passent fréquemment l'une à l'autre et à ce qu'elles présentent des mélanges d'origine très-variable.

Dans la classification qu'il adopte, M. Gustave Léonhard (1) distingue d'abord deux grandes classes : les roches cristallines et les roches formées de débris (*Trümmer-Gesteine*).

Les premières peuvent être simples (I) ou composées (II).

I.—Parmi les roches simples figurent le sel, l'anhydrite, le gypse, la chaux carbonatée, le calcaire oolitique, le calcaire, la craie, la dolomie, la magnésite, le quarzite, le schiste siliceux, le schiste talqueux, la serpentine, le schiste chlorité, l'amphibolite, le fer oxydulé et les roches ferrifères.

En appendice M. G. Leonhard décrit quelques roches simples et amorphes telles que le retinite, la perlite, l'obsidienne, la poix.

II. — Les roches composées sont reparties en deux groupes suivant qu'elles sont riches en silice (A) ou pauvres en silice (B). Chaque groupe est d'ailleurs divisé en sous-groupes :

A. Riches en silice.

a. — Roches dans lesquelles le quartz est un élément essentiel. Telles sont : le gneiss, le micaschite, le schiste avec séricite, l'itacolumite, le greisen, l'hyalotourmalite, le topazfels, le granulite, le porphyre, le porphyre granitoïde, le porphyre trachytique quartzifère.

b. — Roches dont le quartz n'est pas un élément essentiel : la syénite, la miascite.

c. — Roches ne renfermant pas de quartz ou seulement accidentellement : le porphyre non quartzifère, la minette, le trachyte, le phonolite, l'andesite, la trachydolérite.

(1) *Grundzüge der geognosie und geologie*, 2ᵉ édition.

B. Pauvres en silice.

a. — Roches qui peuvent contenir accidentellement du quartz. Telles sont : la diorite, le kersanton, la kersantite, le porphyre dioritique, l'éclogite.

b. — Roches dans lesquelles le quartz devient rare ou exceptionnel : le gabbro, l'hypérite, la diabase, le mélaphyre, la dolérite, le basalte, la néphélinite, l'amphigénite, la lave et ses nombreuses variétés.

III. — Passant ensuite aux roches bréchiformes et formées de débris, M. G. Leonhard y établit les divisions suivantes :

1. — Conglomérats et brèches composées de calcaire, de dolomie, de quartz, de gneiss, de granite, de porphyre, de phonolithe, de diabase, de basalte.
2. — Tuffs formés de ponce, de porphyre, de trachyte, de trass, d'alunite, de phonolite, de diabase, de spilite, de basalte.
3. — Grès siliceux, calcaires, argileux, marneux, ferrugineux, glauconieux ; arkoses.
4. — Débris non cimentés : Blocs erratiques, cailloux roulés, groise, sable, qui peut être composé de dolomie, de glauconie, de quartz, de fer oxydulé.

IV. — Enfin, M. G. Leonhard décrit encore en appendice :

1. — Les roches qui proviennent de la décomposition d'autres roches ; telles sont : le kaolin, l'argile, la marne, le schiste argileux.
2. — Les roches qui résultent de l'accumulation des restes plus ou moins modifiés d'animaux ou de végétaux : tripoli, craie ; lignite et combustibles.

M. Bernhard de Cotta (1) a pensé, comme d'autres savants et n particulier comme le géologue italien Rossi, qu'il convenait de onner la préférence à une classification basée essentiellement sur origine des roches. D'après cela, il les repartit en trois grandes lasses suivant qu'elles sont éruptives, métamorphiques ou sédimenires. Bien qu'ayant égard surtout à la nature des roches, M. de otta tient cependant compte de leur composition minéralogique, e leur texture, de leur aspect et de leur état physique, de leur

(1) *Die Gesteinslehre*, von Bernhard von Cotta. 2ᵉ édition. — Freiberg, 1862 ; . 237.

examen microscopique, de leur composition chimique et de leurs passages l'une à l'autre. Enfin il a aussi égard à leurs formes extérieures et à leur mode de division. Voici la classification qu'il adopte :

I. *Roches éruptives* qui se sont vraisemblablement solidifiées après avoir été amenées à l'état fluide par la chaleur.

A *Pauvres en silice ou basiques.*

a vulcaniques : le basalte, la dolérite, la néphelidolérite, l'amphigénite.
b plutoniques : la diorite, la diabase, l'euphotide, l'aphanite.
Le mélaphyre.
La porphyrite.
La minette.
La syénite.

B *Riches en silice ou acides.*

a vulcaniques : le trachyte, le rhyolite, la perlite, le phonolite.
b plutoniques : le granite, le granite porphyroïde, le porphyre quartzifère, l'eurite, le rétinite.

II. *Roches métamorphiques* formées de schistes cristallins.
Elles résultent très-probablement du métamorphisme de sédiments; mais, par leur composition minéralogique, elles sont très-voisines des roches éruptives :

Riches en feldspath : le leptynite, le gneiss.
Riches en quartz : le micaschiste, le quarzite, l'itacolumite.
Schistes : chlorité, talqueux, amphibolique, micacé.

III. *Roches sédimentaires*, qui toutes résultent de dépôts.

1. *Riches en alumine* : l'argile et le schiste argileux.
2. *Riches en chaux* : le calcaire, la dolomie, auxquels il faut ajouter le gypse et l'anhydrite.
3. *Riches en silice*, comme les grès, les conglomérats et les brèches.
4. *Tuffs divers.*

IV. A la suite de ces groupes principaux comprenant les roches qui sont de beaucoup les plus répandues, M. de Cotta place, sans suivre un ordre bien déterminé, les roches qui ont relativement moins d'importance et dont plusieurs ont une origine encore assez obscure.

1. Serpentine.
2. Roches avec grenats.
3. Greisen et roches avec tourmalines.
4. Combustibles.
5. Minerais de fer.

6. Minéraux qui peuvent être considérés comme roches, tels que : la glace, l'opale, le tripoli, le quartz, le corindon, la chaux fluatée, le sel marin, le trona, l'alunite, la baryte sulfatée, la boracite, la chaux phosphatée, la cryolite, l'aragonite, l'ankérite, la magnésite, la diallogite, la malachite, le talc et la stéatite, l'écume de mer, l'agalmatolite, le kaolin, l'orthose, l'erlan, la topaze pyknite, l'épidote, le lépidolite, le savon de montagne (Bergseife), le bol, la terre à foulon, l'argile ferrifère (Eisensteinmark), la calamine, le manganèse silicaté, la liévrite, le minerai de manganèse, le zinc oxydé rouge, la galène, l'antimoine sulfuré, la pyrite arsenicale, la marcassite, la pyrite de fer, le cinabre, le soufre.

L'ouvrage de M. de Cotta se termine par des recherches sur l'origine des roches qui, depuis quelques années, ont été remises à l'ordre du jour parmi les géologues.

Classification des roches basée sur les rapports d'oxygène donnés par leurs éléments. — M. J. Roth (1) a essayé d'appliquer aux roches la méthode que l'on emploie en chimie pour les sels et il les a classées uniquement d'après leur composition chimique. Dans ce but il a calculé, d'après les nombreuses analyses qu'il a réunies, le rapport de l'oxygène de la silice à celui des bases, en admettant que le fer se trouvait, moitié à l'état de protoxyde, moitié à l'état de sesquioxyde. Les deux tableaux **A** et **B** qui suivent résument les résultats obtenus par M. Roth :

$$RO + R^2O^3 \left(O \text{ de } RO : R^2O^3 = 1 : 3\right)$$

A

a O de $SiO^2 = 13$ à 20.
RO est essentiellement de la potasse.
1. Granite.
2. Gneiss (en partie), protogine, halleflinta et pétrosilex (en partie).
3. Porphyre quartzifère, retinite (en partie)
4. Liparite (en partie), obsidienne, perlite, rétinite (en partie).

b O de $SiO^2 = 9$ à 12.
1. Syénite (en partie).
2. Trachyte avec sanidine (en partie).
3. Trachyte avec orthose et oligoclase.
4. Phonolithe (en partie).

c O de $SiO^2 = 7$ à 9.
1. Mélaphyre en partie).
2. Andésite avec amphibole (en partie).
3. Andésite avec pyroxène (en partie).

1) *Die Gesteins-Analysen*, p. 21.

$RO + \frac{1}{3}$ à $\frac{2}{3} R^2O^3 \left(O \text{ de } RO : R^2O^3 = 1 : 1 \text{ à } 2\right)$.

a $RO + \frac{2}{3} R^2O^3 + 5$ à $6 SiO^2 \left(O \text{ de } RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 2 : 10 \text{ à } 12\right)$.

Granite; dans quelques cas. Gneiss (en partie). Halleflinta et pétrosilex (en partie). Liparite (en partie). Rétinite (en partie). Porphyre à base d'orthose sans quartz.

b $RO + \frac{2}{3} R^2O^3 + 3 SiO^2 \left(O \text{ de } RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 2 : 6 \text{ à } 9\right)$.

1. Syénite (en partie).
2. Porphyre avec orthose sans quartz (en partie).
3. Trachyte avec sanidine (en partie).
4. Phonolite (en partie).
5. Mélaphyre (en partie).
6. Porphyre (en partie).

c $RO + \frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3} R^2O^3 + 2$ à $3 SiO^2$

$\left(O \text{ de } RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 1\frac{1}{2} \text{ à } 2 : 4\frac{1}{2} \text{ à } 6\right)$.

B

1. Mélaphyre (en partie).
2. Andésite amphibolique (en partie).
3. Andésite pyroxénique (en partie).
4. Néphélinite (en partie).
5. Porphyre augitique.
6. Diabase.

d $RO + \frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3} R^2O^3 + 1\frac{1}{2}$ à $2 SiO^2 \left(O \text{ de } RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 1 : 3 \text{ à } 4\right)$.

Amphigénite. Diorite (en partie).

e $RO + \frac{1}{3} R^2O^3 + 1\frac{1}{2}$ à $2 SiO^2 \left(O \text{ de } RO : R^2O^3 : SiO^2 = 1 : 1 : 3 \text{ à } 4\right)$.

1. Diorite (en partie).
2. Néphélinite (en partie 1 : 1 : 2).
3. Gabbro.
4. Hypersthénite.
5. Dolérite et roche pyroxénique normale de M. Bunsen.
6. Basalte.
7. Eukrite..
8. Roche formée d'anorthite et d'hornblende.

Le tableau **A** désigne, comme l'on voit, les roches pour lesquelles le rapport entre l'oxygène des bases RO et R^2O^3 est de 1 : 3, l'oxygène de la silice étant successivement compris entre 13 et ... et 12, 7 et 9.

Dans le tableau **B** sont groupées les séries de roches pour

quelles le rapport d'oxygène de RO à R^2O^3 se trouve compris entre 1 : 1 et 1 : 2, celui de la silice variant de 10 à 12, de 6 à 9, de 4 1/2 à 6, de 3 à 4.

Il est facile de constater, d'après ces tableaux, que des roches offrant les mêmes caractères minéralogiques et dans lesquelles les géologues ne sauraient admettre des divisions, se trouvent réparties dans des séries chimiques qui sont entièrement différentes; par conséquent la classification chimique des roches présente le grave inconvénient de ne concorder aucunement avec leur classification minéralogique.

Classification générale des substances naturelles. — Enfin M. Ch. Sainte-Claire Deville(1) a présenté à l'Académie un système de classification comprenant toutes les substances naturelles.

Comparant ces substances entre elles, il a recherché quelles étaient leurs analogies et leurs dissemblances au point de vue des éléments chimiques simples qui les constituent. M. Ch. Sainte-Claire Deville, qui s'est occupé de ces études dès l'année 1855, annonce que sa classification offre quelque ressemblance avec celle de M. de Chancourtois; car le rectangle occupé par son tableau est en quelque sorte le développement du cylindre proposé récemment par M. de Chancourtois; de plus, les lignes suivant lesquelles il range les corps simples qui figurent dans chacun des groupes de substances naturelles correspondent aux hélices tracées sur ce cylindre.

Dans son tableau, M. Ch. Sainte-Claire Deville distingue deux parties (I et II).

« La première, dit-il, présente les radicaux électropositifs des substances naturelles, les éléments électronégatifs étant indiqués par les titres des colonnes verticales.

« La deuxième partie, qui constitue proprement le travail dont il s'agit, résume synoptiquement la répartition des corps simples dans les substances naturelles distribuées, sur les titres des colonnes verticales : 1° d'après l'ordre croissant de leur complexité ; 2° d'après l'élément électronégatif des composés multiples.

Chacune des tranches horizontales est consacrée au nom de l'un des corps simples qui jouent dans les composés naturels le rôle d'élément électropositif, ce nom étant répété dans autant de co-

(1) *Comptes rendus*, LIV, 782. 880, 949. — Essai sur la répartition des corps simples dans les substances minérales naturelles.

lonnes verticales qu'il y a de groupes de composés pour lesquels ils doivent figurer à ce titre.

Quelques corps étant susceptibles de jouer successivement les deux rôles, pourront figurer dans les tranches horizontales et sur les titres des colonnes verticales.

« Un certain nombre de corps simples, appartenant par l'ensemble de leurs propriétés, comme par leurs caractères de répartition dans les minéraux, à deux ou même à trois groupes naturels, sont inscrits sur plusieurs tranches horizontales. Ces corps sont :

« Le molybdène, le bismuth, le manganèse, l'aluminium, le fer, le magnésium, le calcium, le baryum, le strontium.

« Mais une circonstance intéressante, c'est que le corps qui, en pareil cas, joue un double rôle et qu'il faut, par conséquent, inscrire à deux niveaux différents, sert quelquefois de lien entre deux groupes de minéraux voisins et qui ne diffèrent, par exemple, que par le type cristallin. J'ai donné alors à ce corps le nom de *corps pivot* ou *corps limite.* »

Sans suivre M. Charles Sainte-Claire Deville dans le développement qu'il donne à sa pensée, et qui embrasse l'ensemble de la minéralogie, nous nous bornerons à citer comme exemple l'application qu'il en fait aux carbonates, phosphates et sulfates naturels, et qu'il résume ainsi :

« Assurément, toutes ces relations ne sont ni d'une égale simplicité, ni d'un égal intérêt : mais il me paraît impossible de ne pas reconnaître, dans ces trois groupes, si importants dans la nature, des carbonates, des phosphates, des sulfates, un corps simple, qui non-seulement appartient à tous ces groupes, mais s'associe à la plupart des sous-groupes naturels qu'y déterminent, soit les proportions atomiques de leurs éléments, soit le type cristallin, soit enfin les allures caractéristiques des protoxydes qui les constituent : un corps dont l'oxyde sert ainsi, par conséquent, d'intermédiaire à tous les autres, en reflétant successivement leurs propriétés.

» Or, si l'on jette un coup d'œil sur mon tableau, on trouvera que le *calcium*, aux deux niveaux horizontaux qui lui sont assignés, y tend, pour ainsi dire, la main à tous les corps simples que je viens de citer dans les trois groupes de minéraux que j'ai passés en revue. »

I. ÉLÉMENTS DES SUBSTANCES NATURELLES.

II. ÉLÉMENTS SIMPLES DES SUBSTANCES NATURELLES.

I. Éléments des substances naturelles.

CORPS SIMPLES NATIFS.	COMPOSÉS BINAIRES. Éléments électropositifs des			COMPOSÉS BI-BINAIRES. Oxygénés. Éléments électropositifs des oxydes acides formant des composés bi-binaires dans lesquels le rapport de l'oxygène de la base à celui de l'acide est					Oxygénés. Éléments électro-positifs des bases protoxydes.	SULFURÉS. Éléments électro-positifs des sulfures acides.	COMPOSÉS TRI- ET QUADRI-BINAIRES tous oxygénés. Éléments électropositifs des oxydes acides et intermédiaires.
	Oxydes.	Sulfures; Séléniures; Tellurures; Osmiures; Arséniures; Antimoniures.	Fluorures; Chlorures; Bromures; Iodures.	1 : 5	1 : 3		1 : 2	1 : 1 1 : < 1			
Oxygène.											
Azote.				Azote. Phosphore. Arsenic. Antimoine.							
Soufre.					Soufre.						Antimoine. Soufre.
	Tungstène. Molybdène.				Vanadium. Tungstène. Molybdène. Chrome	Chrome.					
Carbone.	Titane. Etain. Carbone. Bore. Silicium.				Niobium. Tantale. Titane. Carbone. Bore. Silicium.	Fer.	Titane. Carbone. Bore. [illegible]	Silicium. [illegible]	Hydrogène.		Titane. Carbone. Bore. Silicium. Hydrogène. Fer.

Bismuth. Iridium. Palladium. Rhodium. Rhuténium. Platine.	Bismuth.	Bismuth. Iridium.				Bismuth.		Antimoine. Bismuth.	Antimoine.
								ÉLÉMENTS électro-positifs des sulfures basiques.	
Or. Mercure. Argent. Plomb?		Or. Mercure. Argent. Plomb.	Mercure. Argent. Plomb. Calcium.				Plomb. Barium. Strontium. Calcium.	Argent. Plomb.	
	Uranium. Cuivre.					Bismuth. Uranium. Cuivre.			
Cuivre. Cobalt. Nickel. Fer. Manganèse?		Cuivre. Cobalt. Nickel. Fer. Manganèse. Cadmium. Zinc.					Cobalt. Nickel. Fer.	Cuivre. Cobalt. Nickel. Fer.	ÉLÉMENTS électro-positifs des oxydes basiques.
	Zinc. Magnésium.						Zinc. Magnésium.		
					Aluminium. Fer.	Glucium.			
						Zirconium. Thorium. Yttrium. Erbium. Terbium.			Zirconium.
			Yttrium.						Yttrium.
			Cerium. Calcium. Sodium. Potassium. Ammonium.				Didymium. Lanthane. Cerium. Manganèse. Fer. Magnésium. Lithium. Calcium. Strontium. Barium. Sodium. Potassium. Ammonium.		Didymium. Lanthane. Cerium. Manganèse. Fer. Magnésium. Lithium. Calcium. Strontium. Barium. Sodium. Potassium. Ammonium.

I. Éléments sim[ples]

RANGÉS. { 1° D'après le nombre de ces éléments;
2° D'après les rapports numériques entre les proportions de ce[s]

CORPS SIMPLES.		COMPOSÉS BINAIRES.								
		OXYDES.				SULFURIDES.				
						Sulfures. — Séléniures.				
GAZEUX. — Éléments essentiels des corps organisés.	SOLIDES.	1 : 3 2 : 3	1 : 2	1 : 1	Oxydes doubles et hydratés 1 : 1 1 : 2 1 : 3	1 : 2	2 : 3	1 : 1	Tellurures.	Osmiures; Arséniures; Antimoniures.
O. Az.										
	S.									
		W. Mo.								
C.	C.		Ti. Sn. C. Si.							
H.		Mn. Fe. Al.	Mg.	H.	H. Mg. Fe. Al.					
						Mo.				
	Te. Os. As. Sb. Bi. Ir. Pd. R. Rhu. Pt. Au. Hg. Ag.	As. Sb. Bi.					As. Sb. Bi.	As. Sb. Hg. Ag. Pb.	Bi. Au. Ag. Pb.	Ir. Ag.
	Cu. Co. Ni. Fe.			Cu. Zn. Mg.	U.? Mg.	Cu. Fe. Mn.		Cu. Co. Ni. Fe. Mn. Cd. Zn.		Cu. Co. Ni. Fe

nces naturelles.

3° D'après la nature de l'élément électronégatif;
4° D'après la nature de l'élément électropositif.

COMPOSÉS BI-BINAIRES.						COMPOSÉS TRI-BINAIRES ET QUADRI-BINAIRES.			
ANHYDRES.			HYDRATÉS.			ANHYDRES.		HYDRATÉS.	
1 : 3 — Sulfates; Vanadates; Chromates; Tungstates; Molybdates; Titanates; Tantalates; Niobates; Spinellides. Sulfocarbonates.	1 : 2 — Carbonates; Borates; Silicates.	1 : 1 1 : < 1 — Silicates.	1 : 5 — Phosphates; Arséniates.	1 : 3 — Sulfates; Oxalates; Borates; Silicates	1 : 2 1 : 1 — Carbonates.	Silico-aluminates; — ferrites; — titanates; Antimonio-antimonites	Silico-alumino-borates; Silico-alumino-carbonates.	Sulfo ou Silico-aluminates; — ferrites; Silico-borates; Silico-titanates.	Silico-aluminates. (L'alumine pouvant être remplacée par le peroxyde de fer.) Zéolites.
Pb.	Pb.								
Ba.	Ba.								
Sr.	Sr.								
Ca.	Ca.		Ca.						
		Bi.							
U.			U.	U.					
Cu			Cu	Cu.	Cu.				
			Co.	Co					
			Ni.	Ni.					
	Fe.		Fe.	Fe.					
	Mn.								
Zn.	Zn.	Zn.	Zn.	Zn.	Zn.				
	Mg.			Mg.					
		Be.							
		Al.	Al.	Al.					
		Fe.	Fe.	Fe.					
:l.		Zi				Zi.			
					Th.				
'.		Y.				Y.			
					Di.	Di.			
a.					La.	La.			
e.					Ce.	Ce.			
n.		Mn.				Mn.	Mn.		
'.		Fe.				Fe.	Fe.	Fe.	
	Mg.	Mg.		Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	
						L	L.		
'.	Ca.	Ca.		Ca.	Ca.	Ca.	Ca.	Ca.	Ca.
									Sr.
									Ba.
'.				Na.	Na.	Na.	Na.	Na.	Na.
				K.	K.?	K.	K.	K.	K.
				Am.					

ROCHES.

Nous allons maintenant résumer les travaux ayant pour but l'étude spéciale des roches que nous diviserons en deux grandes classes : les roches proprement dites et les roches métallifères. Dans les roches proprement dites, nous distinguerons les roches diverses et feldspathiques; commençons par les premières.

ROCHES DIVERSES.

Apt. — D'après M. Baudinot (1), du soufre natif, qui serait en proportion exploitable, se trouve à la mine des Tapets, aux environs d'Apt. Mélangé avec du gypse et de la chaux carbonatée, il forme une couche régulière et presque horizontale ayant 0m,60 d'épaisseur qui est intercalée dans le terrain à lignite d'Aix (calcaire lacustre, dit Sextien). La richesse de ce minerai de soufre varie de 2[illegible] à 40 p. 100; il brûle à l'approche d'une allumette et on pourrait s'en servir pour le soufrage de la vigne.

Sicile. — Les mines de soufre de la Sicile, visitées déjà par plusieurs géologues français, Constant-Prévost, de Pinteville, Cussy, viennent, dans ces derniers temps d'être explorées de nouveau par M. de La Bretoigne (2).

Le soufre s'y présente en masses irrégulières et le plus généralement il est desséminé dans une gangue qu'il pénètre de la manière la plus intime. C'est seulement dans quelques cas particuliers qu'il se montre en cristaux. Sa couleur varie du jaune clair, au jaune brun et au rouge ; sa cassure est conchoïde, quelquefois un peu cireuse. Souvent sa poussière est blanche. Une variété nommée *Saponare* est jaune terne et à cassure cireuse; elle forme des masses compactes dans des schistes noirs. Près de Caltanisetta, on a du soufre qui présente une couleur vert foncé. Les mineraux associés au soufre sont le gypse dont les cristaux atteignent de grandes dimensions, la baryte sulfatée, la baryte carbonatée, quelquefois la chaux carbonatée et très-fréquemment la strontiane sulfatée.

---

(1) *Revue des sociétés savantes*, 4 mars 1864, p. 167. — *Bulletin du comice agricole d'Apt* (*Vaucluse*), 1862-1863.

(2) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1862; VIII, 85. Saint-Étienne.

Certains signes peuvent révéler le voisinage d'un gîte de soufre; M. de La Bretoigne signale notamment les affleurements d'anhydrite et de calcaire blanc, des sources sulfureuses et surtout l'apparition de la roche que le mineur sicilien nomme *briscale*; c'est un sulfate de chaux blanchâtre et imprégné de soufre, qui se réduit en poussière par l'action de l'air.

Le soufre de la Sicile s'étend, depuis Trapani jusque vers Noto, sur environ 250 kilomètres. La plus grande largeur est entre Licata et Nicosia; elle atteint 90 kilomètres. Il ne se montre pas en couches, mais seulement en amas ou en veines dont les caractères varient avec les roches qui les encaissent. Ainsi, dans le gypse, le soufre est presque toujours en amas irréguliers atteignant quelquefois une grande puissance; dans le calcaire ou dans l'anhydrite, il est généralement en veines dont la puissance ne dépasse pas 3 mètres. Dans le terrain gypseux de la Sicile, on rencontre d'ailleurs du sel gemme qui se montre même en masses très-considérables et pourrait donner lieu à d'importantes exploitations.

D'après M. de La Bretoigne le soufre de Sicile se trouve vers la limite du terrain tertiaire avec le terrain crétacé; mais par les roches qui lui sont associées et par les fossiles, d'ailleurs assez rares, qu'elles renferment, il paraît appartenir à l'époque tertiaire.

Eaux.

Les limites de cette Revue ne permettant pas de résumer les nombreuses recherches faites sur les eaux, nous nous contenterons d'en indiquer quelques-unes qui offrent un intérêt spécial, renvoyant, pour plus de détail, au Compte rendu annuel de MM. Hermann Kopp et Henrich Will.

Dans son itinéraire de Tripoli à Ghadamès et à El-Oued, M. Vatonne (1) donne un grand nombre de documents sur les eaux de cette partie du Sahara. Il a analysé la source artésienne naturelle de Ghadamès (I), et nous transcrivons également ici la composition trouvée par M. de Marigny pour l'eau des puits de Ghardaia (II) et de l'oasis de Guémar (III).

(1) Mission de Ghadamès 1862; 260, 297, 304.

		I.	II.	III.
Sels solubles	Chlorure de sodium	0,6210	0,6536	0,8286
	Chlorure de magnésium	»	»	0,3186
	Chlorure de potassium	0,0200	»	0,1210
	Sulfate de chaux	0,9000	1,4007	2,3663
	Sulfate de magnésie	0,3860	0,8617	0,5360
	Sulfate de soude	0,3424	0,6025	»
	Azotate de soude	traces.	0,0647	0,7425
Matières solubles à la faveur de l'acide carbonique.	Carbonate de chaux	0,1013	0,1100	0,0200
	Carbonate de magnésie	0,0975	0,0760	»
	Silice	0,0060	0,0200	0,0500
	Oxyde de fer	0,0050	0,0100	0,0200
	Poids total des sels	2,4792	3,8000	5,0030
	Densité	1,00231	3,8000	5,0030

Les eaux de ces régions contiennent généralement peu de carbonates; leurs sels sont au contraire des chlorures et des sulfates, particulièrement le sulfate de chaux. Ce résultat s'explique très-bien, puisqu'elles filtrent à travers un terrain gypseux.

Dans l'eau des puits, la proportion des nitrates peut d'ailleurs devenir très-notable; elle provient alors de la nitrification des matières organiques qui s'opère dans tous les lieux habités, mais qui est surtout très-active sous le climat du Sahara.

Remarquons aussi que les eaux qu'on est obligé de boire dans le Sahara sont souvent si chargées de substances salines qu'elles sont à la limite des eaux douces et des eaux minérales.

Eaux minérales. — M. Clément a fait (1) de nombreuses observations sur les sources minérales de l'Ardenne Belge; aucune de ces sources n'est chaude et toutes sont acidules ou ferrugineuses.

M. Félix Garrigou (2) a étudié les eaux minérales des environs d'Ax dans l'Ariége. Voici les résultats de leur analyse :

(1) *Annales des travaux publics de Belgique*, 1861; XIX, 73.
(2) *Études chimique et médicinale des eaux sulfureuses d'Ax.* — Paris, 186?.

I. Source sulfureuse froide, dite Timbal ou des Saliens.
II. Source des Conons, à Ax.

	I.	II.
	gram.	gram.
Sulfure de sodium, sur un kilog.	0,0123	0,0210
Chlorure de sodium.	0,0199	0,0265
Sulfates de soude.	»	0,0509
Silicate de soude.	0,0448	0,1127
Silicate de chaux.	0,0120	0,0166
Silicate de magnésie.	0,0006	0,0006
Matières organiques.	0,0119	0,0360
Oxyde de fer.	»	0,0007
Alumine.	traces	0,0003
Acide phosphorique.	traces	traces
Acide borique.	»	traces
Iode.	»	traces
Lithium.	»	traces
Fer.	traces	»
	0,1015	0,2653

Relativement à la classification des eaux sulfureuses, M. Garrigou observe qu'il serait convenable de les répartir en quatre divisions :

1° Eaux sulfhydratées sodiques formant le groupe le plus naturel et comprenant le plus grand nombre de stations sulfureuses chaudes.

2° Eaux sulfhydratées calciques qui sont généralement loin des ·oches ne contenant pas de chaux, comme les roches primitives.

3° Eaux sulfhydratées sulfhydriques sodiques et calciques, lesuelles contiennent un sulfure et en même temps de l'acide sulf-ydrique.

4° Eaux sulfureuses dégénérées qui, à Ax, deviennent blanches u même bleues.

Du reste, d'après M. Garrigou, il n'y aurait pas de source sul-reuse contenant de l'acide sulfhydrique libre et sans sulfure.

Comparant les températures des sources d'Ax depuis 1786 jusqu'à s jours, il a constaté des écarts de 6 degrés soit au-dessus, soit -dessous de la température actuelle. Les résultats obtenus pour e même source varient peu de l'été à l'hiver.

Enfin, dans une nombreuse série d'essais ayant pour but de déminer à différentes époques le degré sulfhydrométrique des eaux x, M. Garrigou a reconnu qu'il est plus élevé à la suite des ies que pendant les sécheresses. On sait qu'on doit à M. Filhol voir signalé le premier ce résultat bizarre qui se trouve ainsi firmé par des expériences nouvelles.

Eau des lacs de natron. — M. J. Dumas (1) a fait analyser par M. Willm, dans son laboratoire, l'eau (I) provenant des lacs de Natron et en même temps de la terre imprégnée de sel (II) qui avait été recueillie près de leurs bords.

	I. grammes.	II. grammes.
Matières organiques et pertes	0,210	14,75
Acide carbonique uni à la soude	»	1,29
Azote	»	0,26
Silice	0,057	51,35
Alumine et peroxyde de fer	0,063	9,82
Acide phosphorique	»	0,54
Chaux (combinée à de l'acide silicique)	»	1,60
Sulfate de chaux	»	3,91
Chlorure de sodium	1,798	13,45
Chlorure de magnésium	»	1,34
Chlorure de calcium	»	0,42
Carbonate de chaux	0,375	»
Carbonate de magnésie	0,531	»
Carbonate de soude	1,373	1,82
	4,407	100,21

Relativement à l'analyse de ces échantillons qui n'était pas encore connue, M. Dumas observe que la potasse manque presque totalement. Il appelle aussi l'attention sur l'absence, dans les lacs de Natron, des sulfates, de l'iode, du brôme et des nitrates.

Spath fluor.

Une colline entière de spath fluor a été observée par M. Des Cloizeaux (2) sur la route de Gabas aux bains de Penticosa, à la frontière Espagnole. Ce minéral y est transparent, incolore et intercalé dans des schistes siliceux compactes.

Sel.

Le sel gemme de Volterra vient d'être étudié d'une manière bien complète par M. P. Savi (3). Des sondages ont montré qu'il présente diverses lentilles ou couches assez continues dont l'épaisseur s'élève à plusieurs mètres et dépasse même 15 mètres pour l'une d'elles. Il est intercalé dans une marne argileuse et gypsifère

(1) *Comptes rendus*, 1862; LIV, 1223.
(2) *Bulletin de la Société géologique* [2], XIX.
(3) G. de Mortillet : *Revue scientifique italienne*, I, 172. — Paolo Savi *Sopra i depositi di sal gemma del Volterrano*. Pise, 1862.

mattaione, à laquelle des amas irréguliers de gypse sont comme d'habitude associés. Ce système appartient d'ailleurs au terrain tertiaire supérieur. D'après M. Savi, on retrouve sur plusieurs points des traces évidentes de moffettes ou de *soffioni* qui remontent à cette époque ; leur existence est accusée par des consolidations et par des transformations du calcaire en gypse, analogues à celles que produisent encore les moffettes actuelles. M. Savi pense seulement que ces moffettes tertiaires débouchaient dans un bassin marin au fond duquel elles ont formé le sel gemme et les roches qui lui sont associées (1).

Bicarbonate d'ammoniaque.

Sous les couches de guano du Pérou et du Chili, on trouve une substance blanche qui, d'après MM. Phipson et Ch. Bareswill (2), n'est autre chose que du bicarbonate d'ammoniaque natif à peu près pur : $CO^2, AzH^4O + CO^2, HO$.

Phosphates.

De nouveaux gisements de phosphates ont été signalés dans ces derniers temps ; ainsi, en Belgique, où ils étaient inconnus, M. C. Dewalque (3) vient d'en observer près de Ramelot. Dans ce gisement, la chaux phosphatée est associée à des argiles ferrugineuses; elle paraît appartenir à un amas de contact.

M. Meugy (4) a indiqué de la chaux phosphatée à Gourd-de l'Arche, près de Périgueux. Les nodules sont compactes, blanc un peu jaunâtre, légèrement micacés, avec grains verts de glauconie qui est particulièrement abondante lorsqu'ils sont riches en acide phosphorique. Ils sont compris entre la zone à ammonites peramplus et celle à spondylus truncatus, en sorte qu'ils appartiennent au turonien et d'après M. Meugy, ils correspondraient au tun de la Flandre.

— M. Lory (5) a observé près de Saint-Paul-Trois-Châteaux, des fossiles nombreux qui appartiennent au gault et sont à l'état de moules très-durs formés de phosphate de chaux. Une arca ca-

---

(1) Relativement à l'origine du sel gemme, voir aussi : *Revue de géologie*, I, 98.
(2) Ch. Bareswill. *Répertoire de chimie appliquée*, 1863, 168.
(3) Académie royale de Belgique (Bulletin [2], XVIII, 7).
(4) *Comptes rendus*, 1863; LVI, 770.
(5) *Description géologique du Dauphiné*, deuxième partie, 382.— *Revue de géologie*, II, 83.

rinata lui a donné plus de 65 p. 100 de phosphate. M. Lory signale d'ailleurs des moules de fossiles semblables dans l'assise supérieure du gault de l'Isère, du Vercors et du Royans. Le plus souvent ils sont tellement usés qu'ils ne sont plus reconnaissables et alors ils se réduisent à des graviers jaunâtres ou d'un brun verdâtre. L'assise qui les renferme appartient au gault proprement dit et consiste en sable quartzeux à ciment argilo-calcaire.

Sombrerite. — On trouve à Sombrero et dans d'autres pe[illegible] îles des Antilles, une substance à laquelle on a donné le nom [illegible] *Sombrerite.* Elle est compacte, blanche ou rougeâtre et sa dens[illegible] est égale à 2,52. M. Phipson (1) qui en a fait l'analyse a obten[illegible]

Phosphate de chaux	65,00
Phosphate d'alumine	17,00
Carbonate de chaux	5,00
Chlorure de sodium	1,44
Sulfate de chaux	1,36
Silice	1,00
Crenate d'ammoniaque	0,20
Eau	9,00
	100,00

Cette substance serait représentée par la formule

$$8CaO,\ 2PO^5 + Al^2O^3,\ PO^5.$$

Elle provient sans doute de l'altération d'un guano qui aur[illegible] perdu ses parties solubles (2). On en exporte de grandes quan[illegible] en Angleterre.

Guano.

M. Malaguti (3) a fait connaître la composition d'un guano [illegible] chauve-souris provenant de grottes de l'île de Sardaigne [illegible] l'exploitation duquel une compagnie française a obtenu une [illegible] cession du gouvernement italien. en 1861. Ses caractères sont [illegible] que présente habituellement cette sorte de guano et l'on y dis[illegible] gue une grande quantité de débris d'insectes (4).

Voici la moyenne de plusieurs analyses de cet engrais :

(1) Barreswill, *Répertoire de Chimie appliquée*, février 1863, 77.
(2) *Revue de Géologie.* II, 76.
(3) Barral. *Journal d'agriculture pratique*, 1862 ; II, 234.
(4) *Revue de géologie*, I, 28 et 29.

Matières solubles.	Eau volatilisée à la température de 100°	11,00
	Matières détruites par le feu et considérées sans azote	64,87
	Azote sous la forme de matière organique	7,12
	Azote sous la forme d'ammoniaque	1,99
	Azote sous la forme d'acide nitrique	0,53
Cendres.	Sulfate de chaux et chlorures alcalins	1,43
	Peroxyde de fer	0,89
	Phosphate acide de chaux	2,03
	Phosphate tribasique de chaux	3,24
	Phosphate de magnésie	4,52
	Graviers	4,45
	Perte	»
		100,07

Ce guano de Sardaigne se rapproche assez de celui des Petits-Andelys analysé par M. Hervé-Mangon (1) ; il est toutefois plus riche en phosphate, ce qui explique sa qualité supérieure.

Roches carbonées.

Pétroles. — MM. Pelouze et Cahours (2) ont fait des recherches très-complètes sur la composition chimique des pétroles, provenant des exploitations si importantes de l'Amérique du Nord (2). Soumettant ces pétroles à des distillations fractionnées, ils ont ensuite purifié les matières obtenues par l'action successive de l'acide sulfurique concentré, du carbonate de soude, du chlorure le calcium anhydre, par une distillation sur du sodium, et enfin par une nouvelle rectification. Les produits séparés ainsi par MM. Pelouze et Cahours sont douze carbures d'hydrogène homologues qui appartiennent à la formule $C^{2n} H^{2n+2}$.

Le gaz des marais représente le premier terme de cette série, et les termes qui le suivent sont encore gazeux, tandis que les derniers se volatilisent seulement à une température bien supérieure à celle de l'ébullition du mercure. Tous ces carbures d'hydrogène sont caractérisés par une grande indifférence chimique, et l'on peut assez bien s'en rendre compte, car ils imprègnent des roches perméables depuis une époque extrêmement reculée; et s'ils avaient des affinités énergiques, on conçoit qu'ils auraient été dissous ou neutralisés peu à peu par les infiltrations des eaux souterraines, qui elles sont toujours plus ou moins chargées de matières salines.

(1) *Comptes rendus*, LVII; 1863, 62. Pelouze et A. Cahours. Recherches sur les pétroles d'Amérique.
(2) *Revue de géologie*, II, 50.

MM. Pelouze et Cahours font encore observer que les pétroles d'Amérique ne proviennent vraisemblablement pas d'une distillation de la houille par la chaleur, puisqu'ils ne contiennent pas de benzine ni aucun de ses homologues. Cette conclusion est bien conforme à ce qu'apprend l'étude géologique de leur gisement, ces pétroles se trouvant dans des terrains plus anciens que le terrain houiller.

Canada.—De même qu'aux États-Unis, il existe au Canada d'importantes mines de pétrole sur lesquelles d'intéressants travaux ont été publiés par le *Geological Survey* de ce pays.

Récemment des fouilles entreprises à Gaspé ont amené la découverte d'une source nouvelle d'huile minérale, et voici les indications données à ce sujet par M. Gauldrée-Boileau (1), consul général de France à Quebec, qui a visité les travaux, pendant qu'ils étaient en cours d'exécution.

C'est à une profondeur de 159 mètres qu'on a rencontré le pétrole. La roche qui le contient est un calcaire paraissant être le même que celui dans lequel on le trouve habituellement.

Le pétrole de Gaspé est légèrement coloré en vert ou en brun; l'on prétend qu'il n'a point la détestable odeur qui caractérise l'huile minérale du Haut-Canada.

Sir William Logan avait déjà signalé, dans ses rapports géologiques, l'existence de l'huile minérale à Gaspé; il avait même reconnu, aux environs de Tar-Point, un axe anticlinal, orienté du Sud-Est au Nord-Ouest, et formé par un dyke de greenstone. Or les druses de ce dyke contiennent souvent du pétrole, qui est quelquefois endurci jusqu'à présenter l'apparence du goudron. De plus, deux sources d'huile minérale se montrent, d'après sir William Logan, sur l'axe anticlinal de Tar-Point, l'une sur le côté sud de la rivière Saint-Jean, à un demi-mille au-dessous de Douglas-Town, l'autre sur un affluent du Silver Brook, qui se jette lui-même dans un fleuve tributaire du bassin de Gaspé. C'est dans la seconde localité qu'on s'est décidé à creuser un puits et l'on y a trouvé du pétrole qui jaillit à la surface du sol. La roche qu'on a d'abord attaquée était un grès appartenant, d'après sir William, au groupe d'Heilderberg du terrain dévonien et reposant sur des masses calcaires d'une grande épaisseur.

---

(1) Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères à la date du 9 octobre 1863 par M. Gauldrée-Boileau, consul général de France à Quebec.

M. T. Sterry Hunt (1) a du reste fait connaître d'une manière générale le gisement du pétrole dans les terrains paléozoïques du Canada. Il se rencontre à deux niveaux distincts dans la série de New-York.

On sait qu'à la base de cette série se trouvent les grès siliceux de Postdam, auxquels succèdent des calcaires sableux; ces derniers passent pour la plupart à la dolomie et renferment accidentellement de petites quantités de gypse, ainsi que d'autres sulfates terreux. Au-dessus vient le calcaire de Chazy et le groupe de Trenton, dans lequel on commence à rencontrer le pétrole, mais il est en quantité beaucoup moindre que dans les couches supérieures. A Pakenham, de grandes orthocères contiennent quelquefois du pétrole qui suinte aussi dans les coraux fossiles du calcaire à yeux d'oiseaux (Birdseye limestone) de la rivière à la Rose, comté de Montmorency. En s'élevant encore dans la série, on atteint les pyroschistes d'Utica, puis les schistes du groupe de l'Hudson qui terminent le silurien inférieur.

Le calcaire dévonien inférieur (corniferous formation) est l'étage qui renferme le plus de pétrole. D'un autre côté, M. Hall a constaté que la dolomie du groupe de Niagara dans le comté Monroë contient souvent du bitume. Du pétrole a également été observé dans les nodules des schistes de Marcellus et de Genesee.

Enfin les grès dévoniens supérieurs sont très-imprégnés de pétrole dans les États de New-York et de Pennsylvanie; c'est même le ces couches et d'autres supérieures que s'échappent les sources i remarquables qu'il y a dans ce pays.

D'après M. S. Hunt, dans le Canada occidental et particulièrement à Enniskillen, à Tilsonburg, le pétrole vient incontestablement du calcaire dévonien inférieur (corniferous limestone). A ainham, sur le lac Érié, on trouve quelquefois du pétrole à l'intérieur du pentamerus aratus. A Bertie, sur la rivière Niagara, des alcaires renfermant des favosites et des heliophyllum contiennent aussi du pétrole. Du reste, les sources de pétrole du Canada occidental se rencontrent toutes sur les affleurements du corniferous limestone ou des schistes d'Hamilton qui le recouvrent, ainsi que long d'une ligne qui court à peu près de l'Est à l'Ouest.

M. Sterry Hunt observe que le pétrole qui est plus léger que l'eau devait toujours tendre à s'accumuler vers les lignes de redressement et à s'échapper à travers les fissures qui ont accompagné leur formation; ce phénomène peut d'ailleurs dater d'une épo-

---

1) *American Journal*, 1863; XXXV, 166.

que géologique très-éloignée. D'un autre côté, les roches poreuses comme les grès dévoniens ou le gravier quaternaire ont servi de réservoir au pétrole qui s'y est accumulé, tandis que les couches argileuses et imperméables, comme les marnes du groupe Hamilton et les argiles d'eau douce recouvrant le gravier dans le Canada occidental, étaient au contraire un obstacle à son ascension et par suite à sa perte.

Tourbes. — Des analyses complètes de tourbes provenant de différents pays ont été faites par M. Robert Hoffmann (1).

I. T. compacte de Gratz en Bohême : 12,31 d'eau.
II. T. impure des Ardennes : 10.34 d'eau.
III. T. grasse de Bruges : 10,30 d'eau.
IV. T. pure de Hollande : 9,10 d'eau.

	I.	II.	III.	IV.
Matières organiques	94,23	80,01	91,31	[illegible]
Potasse	0,18	0,09	0,03	0,02
Soude		0,02	0,004	0,001
Magnésie	0,35	0.53	0,006	0,002
Chaux		0,22	0,04	[illegible]
Protoxyde de fer	0,94	6,04	2,01	1,34
Alumine				
Acide sulfurique)	0,16	0,09	0,02	[illegible]
Acide phosphorique	0,11	0,11	0,01	[illegible]
Silice	0,12	0,01	0,001	[illegible]
Acide carbonique	»	0,11	0,003	[illegible]
Chlore	0.006	0,012	0,011	[illegible]
Parties insolubles dans les acides	4,01	12,75	6,54	[illegible]
Azote total	2,159	0,811	0,734	[illegible]
Azote à l'état d'ammoniaque	1,740	0,004	0,006	0,012

Voici d'ailleurs quelle est la composition des cendres laissées par les mêmes tourbes :

(1) *Bulletin de la Société chimique*, août 1863, 428. — *Journal für prakt. Chemie*, XXXVIII, 206.

	I.	II.	III.	IV.
Potasse	3,15	0.45	0,37	0,32
Soude		0.11	0.04	0.025
Magnésie	6,60	2.07	0,07	0.05
Chaux	tr.	1,69	0.54	28.40
Peroxyde de fer Alumine	16,33	30,21	23.16	32.63
Acide sulfurique	2.79	0.45	0.23	0.15
Acide phosphorique	1,99	0,56	0.11	0.025
Silice	0.21	6.05	0.01	0.025
Chlore	0.10	0.06	0.03	0.025
Acide carbonique	»	0.57	0.13	1.35
Residu insoluble dans les acides	69,43	63,78	25.33	38.00

Quantité de paraffine donnée par les combustibles. — M. S. de Koninck (1) a résumé les nombreux mémoires publiés sur les produits de la distillation des divers combustibles. Les diverses applications de ces produits à l'industrie y sont particulièrement étudiés, et nous en extrayons un tableau dans lequel les combustibles minéraux sont ordonnés d'après la quantité de paraffine brute qu'ils fournissent à la distillation (2). Le même tableau fait également connaître la densité et la proportion du goudron obtenu dans cette opération.

(1) Rapport des Délégués Belges à *l'exposition universelle de Londres en 1862*. II, 403.
(2) Wagenmann : *Dingler's Polytechnisch Journal*, [illegible]

NOMS DES SUBSTANCES.	PROVENANCE.	GOUDRON contenu. Rendement.	GOUDRON contenu. Densité.	PARAFFINE brute.
Pétrole	Rangoonn, Inde	80	0,920	3
Bitume	Neuwied	29	0,865	[illegible]
Bitume	Ile de la Trinité	70	0,875	[illegible]
Schiste bitumineux dit Boghead coal	Ecosse	33	0,860	[illegible]
Minéral de Torbane	Torbane, Ecosse	31	0,865	[illegible]
Dusodyle	Hesse	25	0,880	1
Lignite	Saxe	9 1/2	0,920	1
Schiste liasique	Vendée	14	0,870	1
Charbon blanc	Australie	17	0,870	1
Dusodyle	Sept-Montagnes	20	0,880	[illegible]
Lignite	Saxe	10	0,920	[illegible]
Id.	Thuringe	5	0,918	[illegible]
Id.	Bohême	11	0,860	[illegible]
Id.	Saxe	9 1/2	0,920	[illegible]
Id.	*Id.*	6	0,915	[illegible]
Id.	*Id.*	6	0,910	[illegible]
Id.	Neuwied	5 1/2	0,920	[illegible]
Dusodyle	Sept-Montagnes	15	[illegible]	[illegible]
Id.	*Id.*	11	0,880	[illegible]
Id.	Provinces Rhénanes	11	[illegible]	[illegible]
Lignite	Provinces de Saxe	7	0,910	[illegible]
Id.	*Id*	6	0,910	13
Id.	Saxe	4	[illegible]	[illegible]
Tourbe	Neumark	5	[illegible]	[illegible]
Id.	Hanovre	9	[illegible]	[illegible]
Dusodyle	Bonn	4	[illegible]	[illegible]
Lignite	Provinces de Saxe	5	0.910	[illegible]
Id.	Thuringe	5	0,920	[illegible]
Id	Francfort	9	[illegible]	[illegible]
Id.	Silesie	3	0,890	[illegible]
Houille	Styrie	8	0,890	[illegible]
Id.	*Id.*	6	0.890	[illegible]
Tourbe	Irlande	3	0,920	[illegible]
Argile imprégnée de naphte	Gallicie	3	0,890	[illegible]
Schiste liasique	Westphalie	5	0.920	[illegible]

On voit que ce tableau vient confirmer les résultats donnés précédemment (1). De tous les combustibles minéraux, ce sont le bitume, le pétrole, le boghead, le schiste bitumineux d'Autun et de la Vendée qui contiennent la plus grande proportion de paraffine. Le lignite et le dusodyle n'en ont pas donné plus de 1 p. 100; il y en a surtout très-peu dans la tourbe. Observons d'ailleurs que les combustibles distillant le plus de paraffine sont ceux qui donnent en même temps la plus grande proportion de goudron.

(1) *Revue de géologie;* II, 70.

Terres végétales.

Caen. — Une terre végétale des environs de Caen a été analysée par M. Isidore Pierre (1), qui a trouvé pour sa composition :

Az	PO^5	KO	NaO	MgO,CO^2	CaO,CO^2	CaO
0,17	0,18	0,08	0,09	0,49	21,79	0,21

Sable, argile et oxyde de fer.	Matières organiques.	Chlorure, sulfate.	Somme.
73,88	2,81	traces.	99,70

L'azote de cette terre est à des états très-différents sous lesquels M. Pierre l'a dosé séparément :

	gr.
Ammoniaque, carbonate d'ammoniaque ou sels ammoniacaux volatils au contact et sous l'influence de l'eau bouillante.	0,001096
Combinaisons assez peu stables pour se dégager à l'état d'ammoniaque sous l'influence d'une dissolution très-faible de soude. . .	0,000209
Azote engagé dans des combinaisons plus stables autres que les nitrates.	0,166460
Azote à l'état de nitrates.	0,000475
Azote de toutes les combinaisons.	0,168240

On peut remarquer encore que cette terre végétale de Caen contient de la chaux qui est en excès dans le carbonate, en sorte qu'elle doit être combinée avec des acides autres que l'acide carbonique. Elle renferme d'ailleurs des traces de chlorure et de sulfate.

Quesnoy. — M. Boussingault (2) a fait l'analyse d'une terre végétale provenant du Quesnoy-sur-Deule ; en opérant sur un kilogramme de cette terre qu'il a dessechée à l'air, il a obtenu les résultats suivants :

Ammoniaque.	0,001
Acide nitrique.	0,002
Azote provenant des matières organiques.	0,087
Carbone appartenant à des matières organiques.	0,690
Acide phosphorique.	0,890
Cheux.	0,224
Oxyde de fer à l'état de sesquioxyde.	2,240
Acide carbonique.	»
Eau éliminable à 110°.	5,200
Sable siliceux.	88,020
Matières non déterminées.	2,645
Somme.	100,000

(1) *Recherches expérimentales sur le développement du blé et sur la répartition dans ses differentes parties des éléments qui le constituent à diverses époques de son développement.*

(2) *Cours de* 1863 *au Conservatoire des arts et métiers.*

Cette terre, qui est sableuse et d'une couleur brun jaunâtre, appartient au terrain diluvien du département du Nord. Elle est très riche en phosphates, car depuis longtemps elle est fumée avec des urines et avec l'engrais flamand. Aussi, comme le remarque M. Boussingault, cette circonstance explique très-bien pourquoi l'expérience a montré qu'il n'y avait aucun avantage à y introduire du noir animal et des phosphates.

Comparaison de terres végétales inégalement fertiles. — Des terres végétales de fertilité exceptionnelles, telles que le Tschornoïzem et la terre du Parana, ont été analysées par M. Deherain (1) dans le but de comparer leur composition avec celle d'une terre de valeur moyenne prise sur le plateau de la Brie.

	TERRE NOIRE de Russie (Tschornoïzem)		TERRE du Parana (Amérique du Sud).	TERRE de Chapelle-Bourbon (Seine-et-Marne).
	n° 1	n° 2		
Densité	1,266	1,186	1,034	1,2[illegible]
	gr.	gr.	gr.	gr.
Azote (des matières organiques)	0,524	2.009	1.920	0,[illegible]
Carbone (des matières organiques)	»	22,999	»	1,[illegible]
Acide phosphorique	0,570	1,420	1,140	0,[illegible]
Chaux	6,273	7,513	4,006	4,[illegible]
Magnésie	3,823	3,403	»	5,0[illegible]
Oxyde de fer	»	19,100	»	17,[illegible]00
Silice soluble	0,400	3,840	0,570	»
Nitrate correspondant au nitrate de potasse	traces	0,027	»	»

Ces analyses montrent que des terres de fertilité très-inégale peuvent très-bien ne pas présenter de grandes différences dans leur composition. Ainsi que le remarque M. Deherain, l'épaisseur d'une terre végétale exerce sur la fertilité une influence plus considérable que sa richesse; car dès qu'elle augmente les plantes trouvent à puiser par leurs racines les subtances qui sont nécessaires à leur développement. M. Boussingault (2) a constaté, en effet, qu'une plante cultivée dans un pot qui contenait une petite quantité de terre restait chétive, tandis qu'elle végetait vigoureusement lorsqu'elle pouvait étendre librement ses racines dans la même terre.

(1) *Comptes rendus*, 1862; LIV, 122.
(2) Boussingault. *Agronomie, chimie agricole*, I, 283.

Comparaison de la terre végétale à la surface et à une certaine profondeur. — Enfin M. Jérôme Nicklès (1) a encore examiné le sol et le sous-sol végétal des prairies qui se trouvent aux environs de Benfeld dans ce qu'on appelle le Ried Alsacien. Les analyses ont été faites sur trois échantillons qui ont été pris sur un même point : (I) à la surface de la terre végétale ; (II) au milieu de la couche noire ; (III) au-dessous de la couche noire et dans le loess rhénan qui, en cet endroit, présente une couleur blanchâtre. Les résutats sont donnés par le tableau suivant et se rapportent à 100 parties séchées à l'air.

	I.	II.	III.
Sable inerte	75,51	60,49	56,71
Silice assimilable	0,75	1,00	1,30
Carbonate de chaux	1,20	17,42	27,65
Id. de magnésie	1,00	2,53	3,50
Id. de protoxyde de fer	10,45	6,65	»
Alumine. Sesquioxyde de fer	»	traces	4 05
Eau	3,70	2,96	6,35
Potasse, soude ammonique, manganèse, acides azotique et phosphorique. Chlore et perte	7,39	8,95	0,44
Matières organiques	»	»	traces
Somme	100,00	100,00	100,00

Bien que cette terre végétale (I) de Benfeld contienne peu de carbonate de chaux à la surface, on en trouve beaucoup dans le loess auquel elle est superposée, et il y en a aussi une proportion très-notable dans la couche (II) qui est celle dans laquelle plongent surtout les racines. M. Godron observe à ce sujet que cette circonstance suffit pour y déterminer le développement de plantes calcicoles. Quoiqu'elle renferme aussi de la silice soluble, M. Godron ajoute cependant que l'action de la chaux devient prépondérante, et comme il l'a déjà constaté précédemment, elle paraît être une cause d'exclusion pour les plantes silicoles (2).

(1) Godron. *De la végétation du Kaiserstuhl dans ses rapports avec celle des coteaux jurassiques de la Lorraine.* (Académie de Stanislas ; mémoires de 1863, 433.)
(2) A. Godron. *Une promenade botanique aux environs de Benfeld (Bas-Rhin).*

Roches siliceuses.

Sables. — M. Ch. Karmarsh (1) a fait, au point de vue de l'industrie, une étude des propriétés physiques et chimiques des différents sables qui sont employés pour le moulage. On sait qu'en ayant égard à la cohésion et à la plasticité de ces sables, on distingue ceux qui sont maigres et ceux qui sont gras, la limite entre les deux variétés n'étant pas absolue. M. Karmarsh a examiné au microscope ces différents sables, il a comparé leur cohésion, les a soumis à une lévigation pour connaître le résidu qu'ils laissaient; enfin par une série d'essais, il a encore déterminé leur composition:

A. Sables maigres.

I. Sable grossier employé par les Égyptiens pour le moulage de l'argent.
II. — irrégulier de Sébenstein, près Wiener Neustadt.
III. — très-maigre de Neudörfel, près Wiener Neustadt.
IV. — de Sheffield, servant au moulage de la fonte.
V. — de Selling, *id.*
VI. — de Birmingham, *id.*
VII. — de Lüneburg, *id.*

B. Sable gras.

VIII. Sable du Mont Benter, près Hanovre, pour laiton et bronze.
IX. — de Verden.
X. — de Vienne, pour les moulages artistiques les plus délicats.
XI. — de Vienne, pour moulages fins.
XII. — très-gras de Neudörfel.
XIII. — de Fontenay-aux-Roses, pour les moulages de bronze délicats.

Relativement au tableau qui résume les résultats obtenus, observons que la propriété d'un sable d'être gras ne dépend pas uniquement de la proportion d'alumine ou de l'argile qui lui est mélangée; certains sables maigres contiennent en effet plus d'alumine que des sables gras. L'oxyde de fer ou le carbonate de chaux ne paraissent pas être très-nuisibles à la plasticité; mais ils ont l'inconvénient de rendre les sables plus fusibles. Nous remarquerons maintenant que les sables gras étant soumis à la lévigation laissent

(1) *Mittheilungen der Hanov. Gewerbe-vereins*, 1862, — *Berg und Hüttenmannische Zeitung*, 1863, 137.

généralement un résidu plus faible que ceux que l'on appelle maigres.

NUMÉROS d'ordre.	DIMENSIONS des grains en millimètres.	Résidu de la lévigation.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	CaO, CO^2.	MgO, CO^2	FeO, CO^2	HO
A. I	grossier	100	»	»	»	»	»	»	41,1	1,1	»
II	$\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{7}$	58	3,5	»	»	»	»	54,6	»	»	»
III	$\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{3}$	93	88,8	»	6,7	2,0	2,6	»	»	»	»
IV	irrégulier comme le précédent.	93	86,7	9,2	3,4	0,7	»	»	»	»	»
V	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{4}$	82	»	»	»	»	»	»	»	»	»
VI	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{4}$	91	87,6	7,7	3,6	1,0	»	»	»	»	»
VII	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{6}$	85	90,3	4,1	5,5	0,2	»	»	»	»	»
B. VIII	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{20}$	47	92,2	4,0	3,3	0,5	traces	»	»	»	»
IX	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{10}$	35	87,5	3,7	8,0	0,8	traces	»	»	»	»
X	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{20}$	42	»	»	»	»	»	»	»	»	»
XI	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{15}$	25	»	»	»	»	»	»	»	»	»
XII	$\frac{1}{60}$	55	55,9	15,7	6,6	»	»	12,2	1,0	5,4	2,9
XIII	$\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{12}$	82	82,0	7,0	11,0	traces	»	»	»	»	»

Le sable de Fontenay-aux-Roses, près Paris, qui appartient à l'é-
age de Fontainebleau, est tantôt maigre et tantôt gras. Ayant sou-
nis à la lévigation celui qui est maigre, nous avons obtenu un ré-
idu de 88 p. 100, tandis que pour le sable gras de la meilleure
ualité le résidu a varié de 57 à 60. Ce sable de Fontenay est
'ailleurs très-renommé pour le moulage; aussi l'on en exporte
us les ans des quantités considérables qui sont envoyées jusqu'en
mérique. Il nous paraît que sa plasticité doit en partie être
tribuée à ce qu'il est intimement mélangé avec des matières
ganiques; car l'expérience a appris qu'il perd sa plasticité et ne
ut plus être employé au moulage lorsqu'il a été exposé aux in-
mpéries de l'atmosphère; en sorte que les sablonniers des envi-
ns de Paris sont dans l'habitude de conserver leur sable dans un
droit abrité et qu'ils ne l'extraient même le plus souvent qu'au
ment de la commande.

Grès glauconieux. — Le grès silurien appartenant au groupe de Quebec contient souvent de petits grains verts. M. Sterry Hunt (1) qui a analysé ces grains a reconnu qu'ils appartiennent à une variété de glauconie :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
50,7	19,8	8,6	3,7	8,2	0,5	8,5	100,0

M. Sterry Hunt observe que cette glauconie du silurien contient une proportion d'alumine très-notable et supérieure à celle qu'il y a dans les autres glauconies (2); ce résultat s'explique du reste facilement puisqu'elle est dans une roche très-alumineuse.

Limon siliceux. — Le terrain diluvien rouge qui recouvre la Hesbaye en Belgique est formé par un limon dont l'analyse a été faite par M. Phipson (3).

Sable quartzeux	92,24
Acide sulfurique, chlore et acide carbonique	traces
Acide phosphorique	0,20
Oxyde de fer	2,56
Alumine et un peu de manganèse	1,20
Chaux	0,40
Magnésie	0,07
Potasse et soude	0,23
Ammoniaque	0,10
Substance organiqne et eau combinée	3,00
Eau hygroscopique	traces
Somme	100,00

On voit que le limon de Hesbaye est très-riche en silice et contient à peine de l'alumine; il appartient aux roches siliceuses qui, composées de parcelles microscopiques, deviennent plastiques comme les argiles (4), c'est ce qui explique pourquoi il est peu fusible et susceptible d'être employé avec avantage à la fabrication des briques. Il forme le terrain diluvien de la Hesbaye, près de Namur; toutefois il s'étend plus au nord dans la Belgique où, d'après Dumont sa limite est une ligne ondulée se dirigeant de Maestricht vers Dixmude.

---

(1) *Geological Survey of Canada*, 1858-1859; 195, 197. — *Neues Jahrbuch*, von G. Leonhard und Geinitz, 1862; 729.

(2) Rammelsberg *Handbuch der Mineral Chemie*. 1860; *Grunerde*, 491.

(3) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 805. — *Chemical News*, VI, 229.

(4) *Revue de géologie*, I, 37, et II, 87.

Ajoutons maintenant qu'un limon rouge analogue, mais plus argileux, se retrouve dans la Picardie et dans le bassin de Paris ; il se retrouve également dans le Kent et dans le bassin de Londres. D'un autre côté, nous avons constaté par des essais très-nombreux que sur les hauteurs et sur les plateaux ce limon ne contient pas de carbonate de chaux ; comme c'est lui qui, mélangé à de l'humus, constitue la terre végétale, on comprend que dans les bassins de Londres et de Paris, la terre végétale demandera souvent à être amendée par de la marne.

Roches argileuses.

Argiles. — M. Edwards Riley (1) a reconnu qu'il y a quelquefois plus de 2 pour 100 d'oxyde de titane dans l'argile bleue du Wiltshire. Déjà précédemment des proportions très-notables d'oxyde de titane avaient été trouvées dans certaines argiles, notamment par M. H. Sainte-Claire Deville.

Newcastle. — On sait que le terrain houiller de l'Angleterre renferme des argiles très-estimées servant à la fabrication de toutes sortes de poteries; celles (*underclay*) qui se trouvent immédiatement sous la couche de houille sont particulièrement renommées et généralement très-réfractaires. L'exploitation de ces argiles a lieu sur une très-grande échelle dans les environs de Newcastle sur la Tyne (2), et voici quel est, d'après M. Joseph Cowper, la composition de sept couches différentes qui servent à approvisionner une fabrique.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	HO et matières organiques.
I......	47,55	29,50	9,13	1,34	0,71	12,01
II.....	48,55	30,25	4,06	1,66	1,91	10,67
III.....	51,10	31,35	4,63	1,46	1,54	10,47
IV......	51,11	30,40	4,91	1,76	traces.	12,29
V.....	69,25	17,90	2,97		1,30	7,58
VI.....	71,28	17,75	2,43		2,30	6,94
VII....	83,39	8,10	1,88		2,99	3,64

(1) *Revue de géologie*, II, 58. — *Bulletin de la Société chimique*, août 1863; 406.
(2) *Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics*; de Cuyper, 1863; 394. *British Association*, 1863; Newcastle.

Bien que provenant d'un même gisement et formées dans des conditions analogues, ces argiles du terrain houiller de Newcastle ont une composition qui varie dans des limites étendues. Elles sont quelquefois assez riches en silice pour passer aux argiles siliceuses et alors elles deviennent très-réfractaires, surtout lorsqu'en même temps elles contiennent peu d'oxyde de fer. Il est d'ailleurs facile de constater qu'elles sont d'autant moins hydratées qu'elles ont plus de silice.

Schistes.

Pyroschistes. — La dénomination de schiste bitumineux est généralement appliquée à tout schiste qui peut fournir à la distillation des hydrogènes carbonés ressemblant plus ou mois au pétrole; mais M. T. Sterry Hunt (1) observe qu'il serait préférable de la réserver pour ceux qui ont été imprégnés de pétrole. Ce dernier s'en écoule d'ailleurs spontanément ou bien il peut en être extrait par la benzine. De même la dénomination de calcaire ou de grès bitumineux conviendrait aux calcaires et aux grès dans lesquels il y a soit du pétrole, soit du bitume à l'état solide. D'après cela, M. T. Sterry Hunt appelle *pyroschistes* les schistes qui, étant mélangés de substances combustibles, ne contiennent cependant que peu ou point de bitume; ils correspondent au brandschiefer des géologues allemands, au schiste combustible ou carboné de quelques lithologistes français.

Les pyroschistes se rencontrent fréquemment dans la série des terrains stratifiés depuis les plus anciens jusqu'aux plus modernes. Bien qu'ils aient souvent une couleur brune ou noire, ils sont quelquefois brun clair ou gris jaunâtre.

France. — M. le professeur Ansted (2) a appelé l'attention sur quelques gisements de pyroschiste, particulièrement sur ceux d'Autun ainsi que de Feymoreau, dans la Vendée.

A la distillation, ce dernier schiste donne environ 15 p. 100 d'huiles combustibles. Bien que sa puissance soit grande, il n'a qu'une faible étendue.

Situé au dessous de la houille, il forme, d'après M. Ansted, le mur d'une couche de houille peu épaisse; il en représente l'argile inférieure (*underclay*).

A Autun, le pyroschiste se trouve, au contraire, beaucoup au

(1) *American Journal*, 1863; XXXV, 157.
(2) *Report of the British Association*, Cambridge, 1862; 65.

dessus de la houille ; il peut donner jusqu'à 50 p. 100 d'huiles de toutes sortes ; toutefois, certaines variétés sont très-pauvres.

Les pyroschistes de Bonn, ceux du lias de l'Allemagne, sont d'ailleurs exploités également pour en extraire de la paraffine et des huiles combustibles.

Amérique du Nord. — Dans son rapport sur l'État Iowa, M. le professeur Whitney (1) a donné la composition de divers pyroschistes appartenant au silurien inférieur de la rivière Hudson, groupe d'Utica. Voici le résultat de l'analyse de quelques-uns d'entre eux, d'après MM. Chandler et Kimball :

A Schiste siliceux de couleur chocolat foncée, provenant de la région dans laquelle on trouve le minerai de plomb.
B Schiste gris foncé, avec des graptolites, de la même région.
C Schiste noir, rempli de crinoïdes et de trilobites, de Gloucester près Ottawa.
D Roche brune, imparfaitement laminée, dans laquelle il y a des graptolites, de la rivière Sainte Anne près Quebec.

	ARGILE et sable.	ALUMINE et oxyde de fer.	CO^2,CaO	CO^2,MgO	C	H	O	Somme.
A. . . .	73,57	2,79	1,29	0,76	15,03	1,65	5,39	100,48
B. . . .	80,65	1,99	4,77	3,40	3,97	0,63	4,87	100,28
C. . . .	48,27	7,99	20,30	11,48	6,99	1,13	3,39	99,55
D. . . .	37,26	3,29	52 60	3,42	0,61	0,83	1,71	99,72

M. Sterry Hunt a analysé de son côté plusieurs pyroschistes du Canada. Ainsi un schiste calcaire de Collingwood, sur le lac Huron, appartenant à la formation d'Utica, a été traité par la benzine bouillante et n'a abandonné que 1 pour 100 d'une matière bitumineuse brune. Calciné en vase clos, il a dégagé 12,6 de matières volatiles et combustibles, laissant un résidu charbonneux noir qui a perdu 8,4 par le grillage. Ce schiste contient d'ailleurs 43 pour 100 de carbonate de chaux. Les pyroschistes noirs de Bosanquet qui paraissent être les équivalents des schistes de Genesee (New-York) et qui appartiennent au terrain dévonien ont également été essayés ; ils ne renferment pas de calcaire et donnent à la distillation

(1) *Report on the Geological Survey of Iowa*, I, 183.

4,2 pour 100 d'hydrogène carboné huileux ainsi qu'une grande quantité de gaz inflammable.

Les matières organiques des pyroschistes de Bosanquet paraissent, d'après M. Hunt, provenir de plantes terrestres, comme pour les schistes du terrain houiller; mais celles des pyroschistes d'Utica qui remontent au silurien inférieur, ont sans doute été fournis par des débris animaux, particulièrement par des graptolites.

Schistes cristallins.

Schiste chlorité. — Sur le versant nord-ouest du Meineckeberg au Hartz se trouve un amas de schiste chlorité vert clair, doux au toucher. Densité = 2,931. M. C. W. C. Fuchs (1) a trouvé pour sa composition.

SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	Alcali	HO	Somme.
33,72	19,81	24,83	0,60	12,01	traces.	9,27	100,24

Schiste talqueux. — M. G. Werther (2) a donné les analyses de schistes qu'il nomme talqueux et qui proviennent l'un (A) de Falun et l'autre (B) de Zöptau :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO,NaO	Perte au feu.	Somme.
A.	51,62	12,30	»	4,86	»	33,04	»	»	101,82
B.	53,28	4,43	5,79	1,04	1,51	29,85	1,49	2,60	[illegible]

C'est le spectroscope qui a servi à reconnaître les alcalis dans le schiste de Zöptau, et il a montré qu'il y avait plus de potasse que de soude.

Il importe d'observer que la composition chimique de ces schistes diffère beaucoup de celle du talc. De plus, dans toutes les variétés de ce minéral que nous avons essayées, nous avons toujours trouvé plusieurs centièmes d'eau qui a souvent échappé à l'analyse, parce qu'elle se dégage seulement à une très-haute température; il serait donc bizarre qu'il n'y eût pas d'eau dans le schiste de Falun, s'il était réellement talqueux. La présence des alcalis et d'une proportion très-notable d'alumine indique d'ailleurs un mélange de mica dans ces schistes; peut-être même doivent-ils être considérés comme des variétés de schistes micacés qui sont onctueux au toucher et auxquels on donne improprement le nom de schistes talqueux?

---

(1) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 799.
(2) *Journal f. praktische chemie*, XCI, 330. — Roth. *Gesteins Analyse*, 1861.

Pyroxénites.

Schillerfels. — La roche de Baste dans le Hartz, qui contient le schillerspath, est celle que les minéralogistes allemands désignent sous le nom de Schillerfels; elle avait déjà été analysée par Köhler (1), et récemment son examen a été repris par M. Streng (2). Son étude minéralogique montre qu'elle est formée d'anorthite (I) associé avec des minéraux appartenant au groupe du pyroxène et à la serpentine. M. Streng y distingue en outre ce qu'il nomme le protobastite (II) qui est simplement un pyroxène magnésien ayant les caractères de l'enstatite; le diaklase (III) variété du minéral précédent qui est sans doute un peu impure et mélangée d'une petite quantité d'anorthite, ce qui expliquerait pourquoi l'on y trouve des alcalis. Enfin, à ces divers minéraux il faut ajouter la serpentine et surtout le plus important d'entr'eux, le schillerspath (IV) dont nous rappelons ici la composition d'après Köhler.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^2	Cr^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
I.	2,76	45,37	34,81	»	0,59	»	»	16,52	0,83	0,40	1,45	0,87	100,84
II.	3,29	54,15	3,04	»	»	12,17*	»	2,37	28,37	»	»	0,49	100,59
III.	»	53,31	7,49	0,29	1,41	8,14	traces	3,59	25,37	0,58		1,55	101,73
IV.	2,6 à 2,8	43,10	1,50	2,37	»	10,78	0,55	2,70	26,00	0,47		12,42	100,69

* Avec un peu d'oxyde de chrome.

M. Streng observe que ces minéraux sont répartis d'une manière très-inégale; tantôt l'un disparaît, tantôt au contraire l'autre evient tellement prédominant qu'il constitue presque entièreent la roche Du fer chromé ainsi que du fer oxydulé peuvent ncore la rendre magnétique et même magnétipolaire.

La roche ne fait pas effervescence avec l'acide et sa densité se ouve comprise entre 2,71 et 2,92.

Voici d'ailleurs, d'après Kohler, la composition du Schillerfels u Hartz (I) et, d'après M. Sterry-Hunt, celle d'une variété de tte roche qui a été trouvée au Canada (II) :

SiO^3	Al^2O^2	FeO	MgO	CaO	NiO	MnO	HO	Somme.
43,90	1,28	13,04	26,86	»	»	0.54	12.43	»
41,80	6,80	11,06	26,13	7,00	trace.	»	7,60	»

(1) Rammelsberg. *Handbuch der Mineralogie*, 532.
(2) *Ueber den gabbro und den s. g. Schillerfels des Harzes*, Stuttgart, 1863. *Jahrb. der Mineralogie*, von Bronn und G. Leonhard, 1862; 513, 933.

Protobastitfels. — Le nom de protobastitfels (roche de protobastite) a été donné par M. Streng à une variété du schillerfels. Elle se compose essentiellement d'anorthite blanc avec du protobastite jaune verdâtre clair, et elle peut contenir en outre de la serpentine verte ou noirâtre ainsi que du fer chromé. Elle présente un grain moyen. Voici, d'après M. Streng quelle est la composition du protobastitfels de Radauberg au Hartz :

SiO^2	Al^2O^3	Cr^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO NaO	HO	P^2O^5	S	Somme
48,23	25,15	0,03	1,30	3,29	0,34	12,57	8,92	0,99	0,64	0,005	traces	[illegible]

Cette roche a une densité de 2,92 ; elle ne fait pas effervescence avec l'acide. Sa composition chimique semblerait indiquer qu'elle est formée de 29,66 de protobastite avec 72,48 d'anorthite.

Serpentinfels. — Le serpentinfels de M. Streng est complètement associé aux deux roches précédentes. Un premier échantillon (A) qu'il a analysé provenait du confluent de l'Abbeborn et de la Radau, près de Harzbourg au Hartz; il avait une densité de 2,88, ne faisait pas effervescence dans l'acide et répandait par insufflation l'odeur argileuse. Il se composait d'anorthite blanc grisâtre, de schillerstein compacte ou de serpentine, de fer chromé, de protobastite spathique et de paillettes de mica brun. Un deuxième échantillon (B) pris sur le flanc ouest du Radauberg, montrait plus d'anorthite, mais contenait encore un peu de fer chromé et du schillerspath ayant une couleur foncée. Sa densité était 2,71 et il faisait effervescence dans l'acide.

	SiO^2	Al^2O^3	Cr^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Fer chromé.	Somme
A	42,02	13,39	4,68		3,19	»	8,01	20,97	0,44	0,36	»	[illegible]
B*	35,67	2,98	0.87	6,04	4,95	0,11	0,19	35,03	0,77		1,37	[illegible]

* Traces d'acide phosphorique, de cuivre et de soufre.

D'après M Streng, A serait formé de 41,50 anorthite, 5,19 fer oxydulé, 17,80 protobastite et 35,68 serpentine.

— Il nous paraît que les dénominations nouvelles, schillerfels, protobastitfels, serpentinfels, qui ont été proposées par M. Streng viennent compliquer sans raison suffisante la nomenclature lithologique; car, en réalité, elles s'appliquent à trois variétés d'une même roche, le schillerfels, qui est elle-même très-peu importante

(1) *Logan's Report*, 1855-56.

puisqu'on ne ne la connaît que dans quelques gisements. Il suffirait donc de conserver la dénomination de schillerfels ou plutôt de schillerite, déjà sanctionnée par l'usage, en l'appliquant à la roche caractérisée par le schillerspath qui est seul un minéral distinct et défini.

Remarquons d'ailleurs qu'en appelant protobastite l'un des pyroxènes observés dans cette roche, M. Streng a été guidé par une considération théorique qui n'est aucunement justifiée. Suivant lui, le protobastite serait un pyroxène magnésien représentant le minéral originaire; c'est en se combinant avec de l'eau et en se modifiant un peu dans sa composition chimique qu'il se serait ultérieurement transformé en diaklase, puis en schillerspath, ensuite en schillerstein et enfin en serpentine.

Nous avons déjà eu l'occasion de faire observer à différentes reprises que ces prétendues transformations ne nous paraissaient aucunement établies, et dans le cas présent elles le sont moins que dans tout autre (1). Comment expliquer, en effet, le caprice de cette métamorphose qui aurait changé sur un même échantillon une partie du protobastite en diaklase, lequel se serait ensuite changé en schillerspath, tandis que l'autre partie serait au contraire restée complétement intacte et à l'état originaire? D'un autre côté, pourquoi admettre que le fer oxydulé, le fer chromé et le quartz résultent d'une décomposition postérieure du schillerfels? Pourquoi supposer aussi que l'anorthite compacte provienne d'une altération de l'anorthose cristallin?

Les différences que le schillerfels présentait dans la composition chimique de ses parties et les circonstances dans lesquelles elles ont cristallisé, nous paraissent seules pouvoir expliquer les variations qui s'observent dans la composition minéralogique de cette roche. Nous pensons aussi que le diaklase, le schillerspath, la serpentine, le fer oxydulé ont pris naissance au moment où elle s'est consolidée et en même temps que le protobastite et l'anorthite. Le protobastite n'a pas précédé le schillerspath ni la serpentine, et il ne les a pas non plus engendrés; le nom spécial donné par M. Streng à ce pyroxène magnésien n'est donc pas justifié, et nous ajouterons qu'il est aussi malheureux que celui attribué par l'usage à la protogine.

(1) Delesse. *Recherches sur l'origine des roches.* Bulletin géologique [2], XV, 2.

Lherzolite. — La lherzolite du lac de Lherz dans les Pyrénées a été étudiée par M. Damour (1). Il a constaté qu'elle se compose de péridot associé à deux variétés de pyroxène, l'enstatite ou pyroxène magnésien et le diopside. Le péridot présente la composition donnée par l'analyse (I); l'enstatite est vert jaunâtre et se clive suivant un prisme de 93° et 87° (II); le diopside a une couleur vert d'émeraude qu'il doit comme certains diallages à de l'oxyde de chrome (III).

	Densité.	SiO^2	CaO	MgO	FeO	MnO	Al^2O^3	Cr^2O^3	Somme
I.	3,38	40,59	»	43,13	13,73	1,60	»	»	[illegible]
II.	3,27	54,76	»	30,22	9,35	»	4,90	»	[illegible]
III.	3,28	53,63	20,37	12,48	8,52	»	4,07	1,30	[illegible]

On distingue aussi dans la lherzolite de petits grains noirs qui avaient été désignés originairement sous le nom de picotite, en l'honneur de Picot de Lapeyrouse; d'après M. Damour, ils doivent être rapportés à un spinelle chromifère.

Un nouveau gisement de lherzolite a été découvert par M. Des Cloizeaux (2) au col de Lurdé, dans le département des Basses-Pyrénées. Elle se présente dans des conditions analogues à celles décrites par de Charpentier au lac de Lherz.

Des roches semblables à la lherzolite ont d'ailleurs été observées dans la vallée de Vicdessos dans l'Ariége, dans les terrains granitiques de Beyssac dans la Haute-Loire et dans la vallée d'Ulten en Tyrol.

La présence du péridot dans la lherzolite mérite d'être spécialement remarquée; car elle montre une fois de plus que si ce minéral se développe surtout dans les roches volcaniques, il peut également se former dans celles qui ne le sont pas (3).

Roches pétrosiliceuses.

Cornéenne. — La cornéenne (hornfels) du Hartz nous offre des types classiques de cette roche qui avait fixé d'une manière spéciale l'attention des anciens lithologistes; aussi les analyses qui en ont été faites par M. W. C. Fuchs (4) présentent-elles de l'intérêt.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 1862; XXIX, 413.
(2) *Bulletin de la Société géologique* [2], XIX.
(3) Delesse. *Origine des roches. Études sur le métamorphisme.*
(4) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 802. — *Jahrb.* von Leonhard und Geinitz, 1862; 803.

A — Compacte, gris verdâtre, à cassure légèrement conchoïde, transparente sur les bords, avec quelques paillettes de mica brun; elle est intercalée dans le granite du Meineckenberg, dans la vallée de l'Ilse.

B — Noirâtre, grenue, de la même localité.

C — A grain fin, presque compacte, gris bleuâtre, de la vallée de l'Ocker.

D — Noir bleuâtre, offrant une cassure bien conchoïde et ressemblant au schiste siliceux (kieselschiefer), de Sonnenberg.

E — De la vallée de l'Ocker, environ à 1,000 mètres de la limite supérieure du granite; elle a une couleur gris de fumée avec des veines plus claires, et sa cassure est un peu esquilleuse.

F — Sorte de schiste siliceux (kieselschiefer) du Meineckenberg, dans la vallée de l'Ilse; noir verdâtre, à cassure conchoïde, translucide et verdâtre sur les bords.

G — De la vallée de l'Ocker; cet échantillon a été analysé par M. Graba.

H — Cornéenne considérée comme type; elle est traversée par des filons de granite.

I — Cornéenne d'Achtermannshöhe, moins grenue que la précédente et d'une couleur plus jaunâtre.

K — Cornéenne tachetée, associée au schiste siliceux, sur le sommet du Sonnenberg.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	2,950	53,51	15,72	5,93	8,54	8,90	5,51	1,64	0,61	0,29	100,65
B	»	58,98	12,38	9,45	»	7,57	4,37	5,52	0,84	1,83	100,94
C	»	56,78	21,57	7,18	»	4,07	3,88	3,42	2,39	1,85	101,14
D	2,730	60,64	20,73	7,34	»	1,13	3,69	2,07	3,55	1,78	100,93
E	»	61,14	19,00	7,79	»	0,97	4,04	2,36	2,19	3,73*	101,22
F	2,740	68,30	17,62	5,86	»	0,95	0,96	3,06	2,03	1,14	99,92
G	»	63,63	17,94	7,54	»	7,25	1,93	2,11	2,48	0,02	102,90
H	2,700	70,11	13,72	7,59	»	2,00	1,53	2,85	2,28	1,13	101,21
I	2,702	72,95	7,64	8,13	»	3,65	1,80	1,19	2,42	1,30	99,08
K	»	73,08	12,46	4,80	»	2,14	4,02	1,27	2,40	0,47	100,64

* Avec une matière organique.

La composition chimique de la cornéenne du Hartz est extrême- ıent variable, et il est facile de s'en rendre compte; car cette ›che était originairement un schiste ou un grès fin contenant des ̧bris feldspathiques décomposés; puis elle a subi un métamor- ıisme au moment où s'est formé le granite, avec lequel on la ouve en contact. Comme la proportion d'alcalis qu'elle renferme t restée assez petite, les feldspaths n'ont pas pu se former et le veloppement de sa structure cristalline a été entravé.

Lorsque la cornéenne du Hartz devient riche en silice, elle passe kieselchiefer ou bien à la lydienne, qui est simplement une va- té siliceuse de schiste métamorphique.

Nous ajouterons d'ailleurs que dans les Vosges, particulièrement au voisinage du granite et autour des Ballons, le schiste de transition est souvent métamorphosé, il se change alors en une roche pétrosiliceuse offrant la plus grande ressemblance avec la cornéenne du Hartz; sur certains points, il devient même porphyrique et il se charge de cristaux de feldspaths (1).

ROCHES FELDSPATHIQUES PLUTONIQUES.

Granites.

Donegal. — M. le professeur S. Haughton (2) a poursuivi ses intéressantes études sur la composition minéralogique et chimique des roches de l'Irlande. Voici les résultats qu'il a obtenus en analysant les granites du comté de Donegal.

A Granite d'Ard Malin, près Malin Head, à gros grain, avec beaucoup de quartz, orthose rouge et petits nids d'un mica ressemblant à de la chlorite ; ce dernier est sans doute le mica vert et riche en oxyde de fer qui entre dans la protogine.

B Granite d'Unismenagh, près Dunaff Head, à grain moyen avec orthose de couleur rouge pâle, anorthose gris, mica noir ou vert noirâtre.

C Granite de Glen ; gneissique et à grain grossier; le quartz y est à peine visible, l'orthose est rouge et en gros cristaux, l'oligoclase vert et blanc.

D Granite du même endroit; il est enveloppé dans le précédent dont il a la structure; il contient de l'anorthose blanc et du mica noir.

E Granite de Glenveagh, porphyrique et à gros grain, avec orthose rouge, quartz peu visible et beaucoup de mica noir en petites paillettes.

F Granite de la même localité; gneissique et à grain fin, avec quartz à peine visible, anorthose blanc saccharoïde, mica noir très-brillant.

G Granite de Poison Glen; à grain moyen avec quartz, grands cristaux d'orthose pâle, mica très-noir et très-brillant.

H Granite de la même localité; grossier avec quartz bien apparent, grands cristaux d'orthose rouge de chair et mica vert en taches disséminées.

I Granite du pont de Doocharry; d'un grain moyen avec une tendance à la structure porphyrique. Il contient du quartz, de l'orthose rougeâtre, de l'oligoclase gris et un peu de mica noir.

---

(1) Delesse. *Annales des mines.* 1853; III, 747 : Grauwake des Vosges.

(2) *Quarterly Journal Geological Society*, XVIII, 403.— *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 783.

K Granite de Barnesmore Gap; il est d'un grain grossier, rougeâtre, et se subdivise en plaques d'un pouce d'épaisseur. Le quartz gris y est abondant; il renferme de l'orthose rouge pâle ainsi que de l'hornblende; cette dernière est difficile à distinguer du mica et, à sa surface, elle passe à une sorte de terre verte.

L Granite de l'île Arranmore; porphyrique, à orthose dominant; il renferme beaucoup de quartz gris ainsi qu'un mica noir, brillant, ressemblant à de l'hornblende.

M Granite de l'île Tory; grossier de grain et en plaques d'un pouce d'épaisseur; il est presque entièrement formé de feldspath rouge et vert avec du mica blanc.

N Granite d'Ardara; grain grossier et structure gneissique; quartz, orthose rouge de chair, oligoclase gris et beaucoup de mica noir. Il renferme accidentellement du sphène.

O Granite de Dunlewy; mélange intime, gris blanchâtre, de quartz et de feldspath, avec cristaux d'orthose, petits grenats et taches d'un mica ressemblant à de la chlorite. Ce granite se trouve au contact du calcaire cristallin de la carrière de Dunlewy.

P Granite d'Anagarry, présentant une pâte feldspathique, dans laquelle sont disséminés de l'orthose et des grains de quartz. Accidentellement, il renferme du sphène et de l'hornblende. Il est également au contact du calcaire.

	SiO_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	NO	KO	MnO	HO	SOMME.
A	70,00	16,36	2,80	0,08	1,12	0,71	4,13	4,66	»	»	99,86
B	65,80	12,80	6,64	0,18	2,92	1,78	4,16	4,40	»	1,20	99,88
C	68,96	17,40	2,52	»	2,80	0,41	3,03	5,25	»	»	100,37
D	58,44	20,00	6,44	2.05	4,72	1,57	3,81	2,82	»	»	99,85
E	69,36	16,00	3,03	0,30	2,29	0,54	4,17	4,47	»	»	100,16
F	68,00	16,80	3,68	0,65	4,05	0.95	4,32	2,04	»	»	100,49
G	68,20	15,96	3,69	1,00	2,92	0,78	3,75	4,14	»	»	100,44
H	70,64	15,64	2,64	»	2,47	0,15	3,81	4.53	»	»	99,88
I	72,24	14,92	1 63	0,23	1,68	0,36	3,51	5,10	0,32	»	99,99
K	73,60	13,80	2.00	»	0,79	0,50	4,29	5,22	»	»	100,20
L	68,80	16,40	2.60	0,65	1,75	0,85	3,78	5,31	»	»	100,14
M	69,20	16,40	2,09	1,00	1,03	0,85	4,20	5,22	»	»	99,99
N	55,20	19,28	6,08	0,46	5,08	3,66	4,63	3,17	0,96	0,64	99,16
O	75,24	13,36	0,60	»	2,25	0,14	4,86	3,27	»	»	99,72
P	73,04	15,20	»	»	1,60	0,07	2,88	7,32	»	»	100,11

Altenberg. — M. Rube (1) a analysé le granite bien connu d'Alnberg, qui est imprégné par le minerai d'étain :

SiO^2	TiO^2	SnO^2	CuO	Al^2O^3	FeO	MnO
71,84	0,90	0,65	traces.	14,40	7.00	traces.
CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.	
0,63	0,79	2,30	0,77	1,11	100,29	

1) *Berg und Hüttenmannische Zeitung*, 1862 ; 74. — *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und Will, 1862; 781.

On voit que ce granite appartient aux variétés qui sont riches en silice, et l'on pouvait le prévoir, le quartz étant généralement associé à l'étain.

Hartz. — Des séries d'analyses ayant pour objet l'étude des différents granites du Hartz, ont été faites par M. C. W. C. Fuchs (1).

A — Granite de l'Ockerthal, généralement composé d'orthose blanchâtre, qui est le minéral dominant, d'oligoclase mat un peu verdâtre, de quartz gris avec mica noir et aussi avec tourmaline.

1. — Granite de Ziegenrücken avec oligoclase décomposé et tourmaline.

2. — Granite pris au milieu de l'amas granitique 3. — Granite pris à la limite de cet amas; ces deux derniers échantillons ont été analysés par M. Graba.

Les trois échantillons qui suivent offrent des caractères variables et assez intéressants, car ils forment des filons dans le gabbro.

4. — Granite à grain fin, en filon dans le gabbro de l'Eckerthal. Il appartient en partie à ce groupe de roches; sa couleur est jaune avec points rouges qui paraissent être du grenat.

5. — Roche granitique en filon dans le gabbro, qui est près de la chute d'eau de Radauthal; il est essentiellement composé d'orthose rouge de chair, d'oligoclase incolore et transparent avec un peu de quartz. On y distingue aussi un minéral de la famille du pyroxène et de nombreux cristaux de sphène.

6. — Granite d'Ettersberg provenant du plus grand filon de granite intercalé dans le gabbro; il est à petit grain, contient beaucoup de quartz, peu d'oligoclase et du mica noir.

B — Granite du Brocken, qui présente de l'orthose rouge, de l'oligoclase blanc ou verdâtre, peu de quartz et du mica foncé. Il reste bien semblable à lui-même dans tout le district.

7. — Granite du sommet du Brocken, qui paraissait assez frais et provenant d'une certaine profondeur.

8. — Granite du Rehberg, finement grenu, à cristaux d'orthose qui lui donnent la structure porphyrique; le mica y est très-clairsemé.

9. — Granite du Meineckenberg, dans l'Ilsethal; son feldspath dominant est l'anorthose, qui est verdâtre et maclé; mais il y a peu d'orthose blanc et beaucoup de mica, qui est d'ailleurs associé à une faible quantité de quartz. C'est, de tout le groupe du Broken, la variété de granite la moins altérée.

10. — Granite de la même localité analysé par M. Schilling.

11. — Granite bigarré de Gruhebeck, vallée latérale; il renferme du quartz violet, et proportions à peu près égales d'oligoclase vert et d'orthose rouge; on y distingue un peu de mica ainsi que de la tourmaline.

12. — Le même granite décomposé.

---

(1) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 781. — *Jahrbuch der Mineralogie*, von G. Leonhard und Geinitz, 1862; 769 et 897.

13. — Granite de Meineckenberg (granite noir, Jasche); c'est un mélange à grain fin d'orthose blanc, avec un peu de quartz gris foncé et du mica noir en nombreuses paillettes.

C — Granite du groupe du Rammberg. Il se distingue habituellement des groupes précédents par un grain plus fin et par la couleur plus pâle de son orthose. L'oligoclase ne s'y distingue pas facilement. Le mica est à la fois de couleur pâle et de couleur foncée.

14. — Granite de la Salle de danse des Sorcières; il appartient aux variétés de granites du Hartz qui sont les plus riches en quartz; l'échantillon analysé n'était pas complétement frais.

15. — Granite de la source Frédérich; il contient deux micas.

		Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	1	2,619	75,46	11.89	3,52	1,25	0.08	4,40	2,56	1,12	100,28
	2	»	76,69	13,17	2,73*	1,72	0,86	5,18	1,25	»	101,06
	3	»	77,25	13,68	2,76	0.60	0.16	5,32	1,78	»	101,46
	4	2,598	73.00	15,03	3,71	1,75	0,10	3,81	3,60	0,67	100,67
	5	»	63,66	9,85	7,77	6,56	2,23	7,12	2,76	0,53	100,30
	6	2,608	76,97	13,40	1,16	0,42	»	7,09	0,22	0,76	100,02
B	7	2,62	73,71	13,46	2,20*	1,15	1,93	4,59	2,60	1,12	100,76
	8	2,60	75,06	13,00	3.54*	0.88	0,01	4,16	3.06	1,06	100,77
	9	2,58	66,81	19,05	5,02	3,26	0,31	2,78	2,85	1,30	101,38
	10	2,56	75,10	13,03	3,23	1,27	0,01	3,80	3,92	0,62	101,18
	11	2,67	72,21	15,61	3,45	1,76	0,43	4,14	2,80	0,84	101,24
	12	»	72,19	15,25	3,62*	0,53	0,40	3,04	3,27	1,80	100,10
	13	»	58,98	12,38	9,45	7,57	4,37	5,52	0,84	1,83	100,94
C	14	2,65	76,81	10,95	2,19	0,83	0,02	5,26	3,10	0,85	100,01
	15	2,643	73,84	14,33	2,63	0,44	0,02	8,15	0,04	1,19	100,64

* Fe^2O^3.

Ries. — Deux granites qui ont été analysés par M. C. Röthe (1) roviennent du Ries, petit bassin naturel séparant le Jura de la)uabe de celui de la Franconie.

Granite rose-rougeâtre d'Albuch.
Granite brun, friable (en partie décomposé), de Marienhöhe.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	NaO	HO	Somme.
A	74,077	15,489	1,994	0,648	3,216		100.00
B	70,793	15,677	2,692	3,783	2,311	2,879	100,00

Nous observerons que les granites contiennent généralement de chaux, ne fût-ce que des traces; il serait donc bizarre qu'elle tout à fait défaut dans ceux du Ries. En outre, dans tous les anites il y a de la potasse, et cependant les analyses précédentes

(1) *Neues Jahrbuch*, von C. Leonhard und H. B. Geinitz, 1863; 172.

n'en indiquent pas. Enfin, relativement à l'origine de ces granites du Ries, nous ne saurions admettre, avec M. Röthe, qu'ils résultent de l'altération lente d'un grunstein qui les accompagne et dont la composition sera donnée plus loin.

Leptynite. — M. Th. Hiortdahl (1) a analysé le leptynite (Weisstein des Allemands) de la montagne de Gulfjeld en Norwège qui forme des filons dans le gabbro. Cette roche, qui présente une structure grenue, est essentiellement formée d'orthose blanc. Du quartz y est disséminé ainsi que du grenat en cristaux microscopiques ; en outre elle contient fréquemment des aiguilles fines d'amphibole.

Voici les résultats donnés par l'analyse :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
75,81	12,33	3,78	2,74	0.09	0,97	3,98	0,65	100,35

Ce leptynite diffère de celui de Mélachamp dans les Vosges ; car il contient plus de soude que de potasse, ce qui est exceptionnel pour une roche à base d'orthose. Il faut peut-être attribuer cette anomalie à ce qu'il est encaissé dans le gabbro.

Gneiss.

M. le professeur Schéerer (3) a étudié le gneiss type et bien caractérisé de l'Erzgebirge Saxon ; il a obtenu pour sa composition moyenne :

SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
65,19	0,87	14,75	6,88	2,50	2,04	4,77	1,99	1,01	100,00

L'expérience a montré que ce gneiss conserve à peu près la même composition, qu'il soit pris près du sol ou bien à une profondeur de 560 mètres.

M. C. W. C. Fuchs (4) a analysé les gneiss qui accompagnent les granites de l'Eckerthal au Hartz, dont la composition sera donnée un peu plus loin.

A Gneiss, confusément schistoïde, veiné et grenu, de l'Eckerthal.
B Gneiss schistoïde, également grenu.
C Gneiss de Passeckegrabe, dans le haut de la vallée de l'Ecker ; il est ondulé et à grain fin.

---

(1) Th. Hiortdahl et M. Irgens : *Geologiske Undersogelseri Bergens Omegn.* — Programme de l'Université de Christiana, 2[e] semestre 1862.
(2) *Annales des mines*, 1863 ; III, 396.
(3) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, CLXXVI, 1.
(4) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862 ; 799. — *Neues Jahrbuch*, 1862 ; 840.

	Densité	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	MnO	KO	HO	Somme.
A	»	65,22	16,35	8,03	3,27	2,06	1,00	2,74	2,25	100,92
B	2,70	67,01	10,83	8,37	5,35	1,65	1,58	3,21	2,86	100,86
C	»	71,55	11,20	9,49	0,77	1,98	4,00	0,65	1,43	101,07

Ce gneiss de la vallée de l'Ecker contient moins de silice et, au contraire, plus de chaux ou de magnésie que le granit qui lui est associé.

Porphyres.

Porphyre. — Le porphyre brun rouge et visiblement stratifié du grès rouge (Rothliegende) de Halle (I) a été analysé par M. Ad. Gœbel (1). Un porphyre tacheté provenant de la mine d'acier du comté Montgomery (II) a été également analysé par M. Genth (2).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Mn^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
I	77,168	11,153	4,753	traces	0,344	0,378	1,782	2,260	2,138	99,976
II	75,92	14,47	0,83	»	0,02	0,09	4,98	4,01	0,64	100,01

Cette dernière roche avait d'abord été nommée *Léopardite* par M. Shepard, d'après des échantillons trouvés à Charlotte, comté de Mecklembourg, dans la Caroline du Nord; mais M. Genth a constaté que c'est simplement un porphyre jaune qui est moucheté par des combinaisons de fer et de manganèse.

Argilophyre. — M. K. von Hauer (3) a examiné un argilophyre (Thonsteinporphyr) de Blacko, en Esclavonie. Il est décomposé, blanc verdâtre et grisâtre, compacte, mais cependant poreux dans certaines parties. Sa structure est un peu globuleuse. On n'y observe que rarement de l'orthose et ses cristaux de quartz sont très-petits.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	HO	Somme.
68,0	19,2	traces	2,4	10,0	99,6

Remarquons que, d'après l'analyse, cet argilophyre ne contiendrait pas d'alcalis; or ce résultat ne saurait s'accorder avec la présence du feldspath et d'une pâte feldspathique; il ne peut s'expliquer qu'en admettant que l'on a opéré sur un échantillon déjà complétement décomposé.

Diabase. — Le professeur Hausmann a décrit comme euphotide porphyrique, et Jasche comme variolite, une roche provenant

(1) *Jahresbericht*, Hermann Kopp und H. Will, 1862; 779.
(2) *Silliman American Journal* [2], XXXIII, 197.
(3) *Jahresbericht*, von Herman Kopp und H. Will, 1862; 780. — *Verhandlungen. d. K. K. Reichsanstalt* [2], XII, 204.

de Schmalenberg près de Harzburg. D'après les analyses qu'il a faites de cette roche, M. Streng (1) lui donne au contraire le nom de diabase porphyrique.

A — Couleur brune, structure finement grenue ou compacte; des cristaux de feldspath confus et un minéral vert non déterminable y sont disséminés; sa pâte donne une poussière rouge et se raye avec facilité. L'échantillon, qui provenait d'un bloc erratique, était fortement décomposé.

B — Échantillon brun, pris sur le Schmalenberg; à structure finement cristalline. On y distingue un feldspath maclé et non strié qui appartient au système cristallin de l'orthose.

	Densité	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
A	2,99	45,92	14,43	7,71	7,99	0,10	13,35	4,17	2,60	0,60	1,66	[illegible]
B	2,81	49,01	20,39	5,15	8,86	»	1,78	6,30	7,69	0,61	0,99	[illegible]

Il est assez remarquable de trouver de l'orthose dans une roche silicatée ayant moins de 50 p. 100 de silice. Cette variété de diabase serait visiblement exceptionnelle et différente du gabbro ainsi que du grunstein, près desquels la diabase est classée par M. Naumann; car elle contient une proportion de potasse qui est de beaucoup supérieure à celle de la soude.

Passons maintenant à l'étude des roches plutoniques qui sont à base d'anorthose.

Diorites.

Des roches désignées comme syénite, mais auxquelles on donnerait plutôt en France le nom de diorite, ont été analysées, (A) par M. S. Haughton et (B) par M. C. W. C. Fuchs (2).

A Diorite granitoïde contenant de l'hornblende, de l'oligoclase avec un peu de quartz et du sphène, de Donegal, en Irlande.

B Diorite grenue du Hartz, montrant un mélange d'hornblende noire, brillante avec quelques points blancs feldspatiques.

	Densité	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	Somme
A	»	58,04	16,08	8,27	0,45	1,12	6,52	2,94	4,65	2,21	100,3
B	2,865	56,36	20,05	»	7,96	»	7,22	4,13	2,74	1,70	[illegible]

La soude est de beaucoup l'alcali dominant, et c'est le feldspath anorthose qui forme la base de ces roches, tandis que c'est l'orthose dans la syénite.

Deux variétés de la diorite de Rosstrappe au Hartz ont également

(1) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 790. — *Jahrbuch* von Leonhard und Geinitz, 1862; 980.

(2) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 786. — *Quarterly J. Geological Society*, XVIII, 416. — *Neues Jahrbuch der Mineralogie*, 1862; 812.

été analysées par M. C.W. C. Fuchs (1) : A — à grain fin, presque compacte et de couleur verdâtre; B — à grain grossier avec hornblende noire ou verdâtre et feldspath blanc ou jaune sale. Enfin M. G. Werther a encore analysé une diorite de Suhl, C :

	Densité	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	LiO	HO	Perte au feu.	Somme.
A	3,04	46,26	»	19,20	10,06	10,20	9,17	5,52	0,21	0,53	»	0,53	»	101,68
B	2,874	51,07	»	22,12	«	9,28	6,11	2,09	3,25	4,11	»	1,21	»	99,24
C	»	50,56	0,83	21,26	5,59	5,57	6,35	4,17	0,37	3,61	traces	»	»	98,31

La proportion d'hornblende de ces diorites serait considérable; M. C. W. C. Fuchs calcule, en effet, d'après les analyses précédentes, que B en aurait 45.3 pour 54,7 de feldspath. Quant au premier échantillon A, il contiendrait jusqu'à 93,3 d'hornblende; par conséquent ce serait une diorite très-riche en amphibole ou ce que nous nommons en France une amphibolite.

Toutefois, il faut remarquer que ce calcul suppose la roche exclusivement formée de deux éléments, l'hornblende et le feldspath; or cette circonstance est assez rare, et le plus souvent la diorite renferme encore une pâte feldspathique ainsi que du fer oxydulé.

Euphotides.

Gabbro. — *Hartz.* — Les géologues allemands ont désigné sous le nom de gabbro des roches d'une composition minéralogique assez complexe, qui sont développées dans le Hartz. D'après M. Streng, elles contiennent généralement de l'anorthose, du diallage, de l'hypersthène, de l'augite, de l'hornblende, du mica brun tombac et du fer oxydulé titané. Parmi ces minéraux, les quatre premiers sont dominants et les variétés de la roche résultent des proportions suivant lesquelles ils sont mélangés.

Voici les principaux caractères minéralogiques des échantillons qui ont été analysés par M. Streng, ou par ses élèves sous sa direction.

Gabbro (Euphotide), pouvant être considéré comme normal, pris vers la limite sud de la roche et sur la route du Torfhause (Maison à la tourbe). Il est à grain moyen, fortement magnétique, et l'on y distingue du labrador ainsi que du diallage gris verdâtre ou vert foncé, des grains de fer titané, et assez souvent de la pyrite magnétique. Le quartz y est très-rare, $d = 2,82$.

---

(1) *Jahresbericht,* von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 791. — *Jahrbuch,* v. Leonhard und Geinitz, 1862; 812.

B Gabbro, d'Ettersberg, finement grenu, avec labrador, qui est brillant sur les faces de clivage, hyperathène en petits cristaux brun clair ou jaune verdâtre, augite brun clair en gros cristaux, mica brun et fer titané. Cette roche serait en réalité une hypérite. $d = 2,99$.

C Gabbro de la rive gauche de la vallée de l'Ecker, avec labrador, diallage vert olive et gris verdâtre, augite brun, grains nombreux de fer titané et hornblende rayonnée qui s'est développée dans les fissures. $d = 3,00$.

D Gabbro du sommet du Radauberg, avec labrador, diallage altéré gris verdâtre ressemblant à l'hypersthène; le mica et le fer titané y sont rares. De l'hydroxyde de fer donne à la roche une couleur brune. $d = 2,98$.

E Gabbro de l'embouchure de l'Abbeborn, avec labrador blanc, presque pas de diallage, de l'hypersthène brun clair, de l'augite, dont les clivages ont un éclat nacré. $d = 3,00$.

F Gabbro des carrières du Radauthal, contenant labrador, hypersthène gris brunâtre, probablement de l'augite, plus rarement du diallage, du mica en nombreuses paillettes et beaucoup de fer oxydulé. $d = 3,02$.

G Variété du précédent, mais décomposée. Il exhale faiblement l'odeur argileuse, ne fait pas effervescence dans les acides. Son labrador est jaunâtre ou brunâtre; mais sa dureté ne paraît pas avoir été modifiée. Quant à l'hypersthène et au diallage, ils ne peuvent plus être distingués l'un de l'autre. $d = 2,91$.

H Gabbro grossier de Baste avec labrador blanc, diallage brunâtre, serpentine olive, enveloppé d'hornblende, ayant une couleur brun foncé ou verte. $d = 2,88$.

I Gabbro de Molkenhaus, à grain fin; il contient du labrador, du diallage nacré gris verdâtre clair, un peu d'augite brun à éclat vitreux, du mica et rarement du fer titané. $d = 2,35$.

K Gabbro de la vallée de l'Ecker. On y trouve beaucoup de labrador, qui est terne, de l'hornblende brun clair, de l'augite ainsi que du diallage et de l'hypersthène. $d = 2,90$.

L Espèce de gabbro du Meineckenberg, côté gauche de la vallée de l'Ilse. On y distingue de l'anorthose, du diallage, du mica et du fer titané. $d = 2,95$.

M Gabbro très fin, enveloppé par du gabbro à grain moyen, dans la carrière du Radauthal. Il montre de l'anorthose, un minéral vert, beaucoup de mica brun et de la pyrite magnétique. Avec les acides, il ne fait pas effervescence. $d = 2,90$.

H a été analysé par M. Schilling, I par M. Brauns, K par M. Hahn, L par M. Fuchs, et les autres par M. Streng.

---

(1) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 795. — *Neues Jahrbuch*, von G. Leonhard und Geinitz, 1862.

S	PO^5	TiO^2	SiO^2	Al^2O^3	Cr^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
»	»	»	53,65	20,77	»	0,98	7,61	9,76	1,57	1,61	3,33	1,33	100,01
»	»	»	50,09	17,84	»	2,83	7,54	13,12	8,28	0,83	1,39	0,78	101,90
),01	0,53	1,12	48,19	16,67	0,03	2,74	10,05	10,25	7,62	0,34	3,32	1,05	101,96
»	»	»	50,70	15,64	»	2,61	5,04	11,70	11,52	0,78	1,87	1,20	101,60
»	»	»	50,92	13,37	»	9,05	7,47	8,50	9,10	0,90	0,86	1,22	101,39
),07	0,44*	1,75	49,63	16,18	0,38	1,92	12,03	9,33	5,38	0,81	1,89	0,55	100,66
»	»	»	53,10	15,90	»	9,00	5,21	7,87	4,68	0,82	3,72	1,28	101,58
»	»	»	49,04	21,02	0,29	2,17	4,72	11,64	7,22	1,92	1,83	0,87	100,70
»	»	»	51,73	17,96	»	»	11,47 **	11,31	5,78	0,29	1,26	0,06	100,45
»	»	»	44,79	21,43	»	0,58	5,38	10,04	8,38	1,96	1,31	5,80	99,67
»	»	»	53,60	15,73	»	5,99	8,56	8,92	5,49	0,61	2,08	0,29	101,27
»	»	»	49,17	18,78	»	5,58	8,44	8,35	5,98	0,55	2,47	2,13	101,45

.vec traces de MnO, CuO dans C, traces de MnO dans D, 0,30 MnO et traces de CuO dans F. — Fl 0,06 dans C et traces dans F.

Impur. — ** La soude n'a pas été dosée.

Le gabbro du Hartz contient rarement du quartz, mais on y trouve assez souvent de la pyrite magnétique ; il renferme en outre, comme minéraux accidentels, de la pyrite de fer, de la pyrite arsenicale, du pyroxène manganésifère, de la vollastonite, de l'hornblende rayonnée, du molybdène sulfuré, de la pyrite de cuivre, du kupfernickel, du grenat almandin, de l'épichlorite et le l'épidote. Parmi les roches qui y sont enveloppées, M. Streng cite la diabase, le pétrosilex micacé (hornfels), des nids de mica, a grauwake et la serpentine.

Norwége. — Nous donnerons également les analyses de deux roches de Norwége auxquelles M. Kjerulf (1) a étendu la dénomination de gabbro, bien qu'elles ne contiennent ni diallage, ni hypersthène :

. Gabbro de Lofthus, près Snarum, de couleur violette avec hornblende, au gite, et un peu de mica brun tombac.

Gabbro de la mine Neu-Segen Gottes, près Kongsberg ; avec labrador gris, hornblende, augite, mica, pyrite magnétique et fer oxydulé.

SiO^2	TiO^2*	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	X**	Somme.
53,76	3,70	13,35	11,59	6,92	7,22	1,70	0,30	0,71	99,2
54,58	1,05	10,41	15,88	8,73	6,25	***	0,42	1,36	98,6

* Impur. — ** Perte au feu. — *** La soude n'a pas été dosée.

(1) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862 ; 779.

Norite. — M. **Kjerulf** (1) a encore analysé deux variétés de la roche à laquelle M. **Schéerer** a donné le nom de norite:

A Norite grise ou violette, avec labrador et diallage vert de Tronfjeld, en Norwége.

B Norite gris-jaunâtre avec labrador, augite (?) noir et mica brun tombac, de Sölvsberg.

	SiO^2	TiO^2*	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme
A	50,06	5,73	16,44	7,71	14,66	4,88	1,38	traces	»	100,[illegible]
B	51,47	0,75	15.62	12,17	11,69	4,10	0,55	0,20	1,22	97,[illegible]

* L'oxyde de titane n'était pas pur.

Mélaphyres.

Plusieurs analyses de mélaphyres ont été publiées par M. G. **Werther** (2).

A Mélaphyre de Strensko, près Liebstadt.
B Mélaphyre de Kostialow, vallée de la Woleschka.
C Mélaphyre de Krabacow.
D Mélaphyre de Tabor, près Gitschin.
E Porphyre augitique de Molignow, Seisser Alp.

	A	B	C	D	E
SiO^2	56,20	54,14	51,98	49,97	32,83
TiO^2	»	»	»	»	»
Al^2O^3	15,26	18,06	16,27	15,64	1,41
Fe^2O^3	7,74	3,12	4,38	6,40	0,2[illegible]
FeO	5,09	5,87	8,24	6,03	25,1[illegible]
CaO	9,50	5,20	7,34	8,60	21,6[illegible]
MgO	3,21	3,80	5,85	4,85	5,80
NaO	2,70	2,25	1,20	1,75	3,48
KO	0,62	1,44	3,30	3,81	4,4[illegible]
LiO	»	»	»	»	»
Perte au feu	»	6,35	2,71	2,03	»
Somme	100,32	100,23	100,37	99,08	99,81

Les analyses de ces mélaphyres s'accordent assez avec celles qui ont été faites précédemment (3). Quant au porphyre augitique de Molignow, il présente une composition très-exceptionnelle: on peut s'étonner notamment qu'il ait plus de potasse que de soude et surtout qu'il contienne des proportions aussi faibles de silice et d'alumine.

(1) *Jahrbuch*, von **Leonhard** und **Geinitz**, 1862; 791. — *Jahresbericht*, von **Hermann Kopp** und **H. Will**, 1862; 791.
(2) **Roth**. *Gesteins Analysen*, 1861. — *Journal f. praktische Chemie*, XCI, [illegible]
(3) **Delesse**. *Annales des mines*, [4], XII, 195.

Aphanite.

Grunstein. — La composition d'un grunstein d'Albuch dans le Ries a été déterminée par M. C. Röthe (1).

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
62,313	17,567	4,086	5,333	3,915	5,660	1,126	100,00

Il est probable que la chaux aura été dosée avec la magnésie, car tous les grunsteins contiennent un feldspath anorthose et doivent nécessairement renfermer de la chaux.

Enfin deux grunsteins de Norwége paraissant se rapporter à des gabbro ont encore été analysés par M. Kjerulf (2).

A — de Bilihorn dans les montagnes Jotun, avec feldspath blanc et amphibole, hornblende verte;

B — de Hurungtind à la limite du territoire de Bergen. Cette dernière roche était considérée par Keilhau comme une syénite. La potasse et la soude n'y ont pas été dosées.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
A	54,82	19,17	10,13	6,79	1,93	1,13	0,54	1,53	96,0
B	53,43	19,90	10,53	8,73	3,75	»	»	0,77	97,1

Labradorite. — M. Kjerulf (3) a analysé un labradorite blanc, presque compacte, légèrement veiné de vert provenant de Lärdalsören aux environs de Bergen.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
50,76	28,50	peu	9,58	1,15	1,98	2,69	3,78	98,84

ROCHES FELDSPATHIQUES VULCANIQUES.

Phonolite.

M. le professeur Charles Rammelsberg (4) a déterminé dans son laboratoire la composition de plusieurs phonolites bien carac-

(1) *Neues Jahrbuch*, von C. Leonhard und H. B. Geinitz, 1863; 172.
(2) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 790.—*Jahrbuch*, von Leonhard und Geinitz, 1862; 144.
(3) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und Henrich Will, 1862; 791. — *Jahrbuch*, von Leonhard und Geinitz, 1862; 144.
(4) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 777. — *Zeitschrift deutsch. Geol. Gesellschaft*, XIV, 750.

térisés qu'il avait recueillis en Bohême et dans les montagnes du Rhön.

L'attaque avait lieu généralement par l'acide chlorhydrique concentré et bouillant; la gelée obtenue était alors étendue d'eau et filtrée; puis le résidu après avoir été desséché, rougi et pesé, était traité par une lessive de carbonate de soude. La partie de la roche qui résistait à l'acide est désignée par I; en la retranchant de l'analyse de toute la roche, on pouvait avoir par différence la partie attaquable II. La composition de la roche entière III se calcule d'ailleurs au moyen de ses deux parties I et II.

A Phonolite de la montagne du Château, à Tœplitz.
B Phonolite de Kostenblatt; *a* attaque par l'acide chlorhydrique concentré; *b* attaque par un mélange de 1 d'acide avec 2 d'eau.
C Phonolite de Borczen, près Bilin; *a* analyse de M. Guthke; *b* analyse de la partie I par M. Rammelsberg.
D Phonolite de Milseburg, par M. R. Schepky.
E Phonolite de Steinwand.
F Phonolite de la montagne du Sanglier, près Poppenhausen; analyse de M. Schmid.
G Phonolite de Pferdekopf.

Ces phonolites présentent des cristaux reconnaissables d'orthose vitreux et ceux du Rhön ont en outre du sphène, qui, comme l'on sait, se rencontre assez fréquemment dans les phonolites.

Il est probable que le feldspath du résidu contient toujours de la baryte et un peu de chaux.

La partie attaquable du phonolite n'est pas susceptible d'être définie minéralogiquement, et comme nous l'avons déjà fait remarquer dans des publications antérieures, c'est à tort qu'on l'a considérée comme une zéolithe. Il est incontestable que les phonolites renferment souvent des zéolithes, mais ces minéraux sont spécialement développés dans leurs cavités, et il en est de même pour le basalte ainsi que pour les autres roches volcaniques hydratées.

Lorsqu'on traite une roche volcanique ou porphyrique par l'acide, c'est la pâte qui fournit essentiellement la partie attaquable; de plus cette dernière est généralement d'autant plus grande que la roche contient plus d'eau et qu'elle est moins riche en silice.

Bohême.

	I.					III.			
	A	B		C		A	B		C
		a	b	a	b		a	b	a
SiO^2	42,28	40,49	40,49	46,16	45,14	58,16	58,04	57,22	55,95
Al^2O^3	25,09	24,49	25,14	26,62	25,16	21,57	20,75	20,91	21,58
Fe^2O^3*	6,12	6,51	5,52		1,19	2,77	1,80	1,55	3,06
FeO	»	»	»	3,05	1,43	»	»	»	»
MnO	0,58	»	»		1,65	0,24	»	»	»
MgO	0,92	2,20	1,92	0,34	0,71	1,26	1,08	1,77	0,18
CaO	7,11	5,75	6,34	1,08	2,18	2,01	2,82	3,47	0,88
BaO	»	»	»	»	»	»	0,21		»
NaO	8,24	6,40	5,62	16,51	14,44	5,97	5,02	4,89	11,42
KO	3,89	3,72	4,48	2,31	3,43	6,57	7,37	7,22	5,22
HO	7,18	10,49	10,33	3,77	3,21	2,03	2,92	2,90	1,91
Somme	101,68	100,05	99,74	99,84	98,54	100,58	100,01	99,93	100,26

* Tout le fer a été compté comme sesquioxyde.

	II.				OBSERVATIONS.
	A	B	C		
			a	b	
SiO^2	64,28 *	64,75 *	63,75 *	66,10	* Par différence.
Al^2O^3	20,18	19,33	19,26	16,37	
Fe^2O^3	1,45		»	3,07	
MgO	1,40	0,66	1,71	traces.	
CaO	traces.	0,71	2,35	0,68	
BaO	»	0,29		traces.	
NaO	5,07	4,50	4,60	6,18	
KO	7,62	8,76	8,33	8,26	
Somme	100,00	100,00	100,00	100,66	

Rhön.

	I.				III.			
	D	E	F	G	D	E	F	G
CO^2.	»	»	1,67	»	»	»	0,44	[illegible]
TiO^2.	»	»	0,42	0,10	»	»	0,65	[illegible]
SiO^2.	39,76	51,95	33,32	42,48	59,64	»	56,09	[illegible]
Al^2O^3.	21,02	17,31	22,08	22,12	16,40	»	17,45	[illegible]
Fe^2O^3.	5,01	4,13	4,79	3,54	5,43	»	5,30	[illegible]
FeO.	3,19	»	5,08	4,08	»	»	»	[illegible]
MnO.	0,57	»	0,80	0,20	0,12	»	0,21	[illegible]
MgO.	traces.	0,64	1,67	1,34	traces.	»	1,51	[illegible]
Cao.	3,07	4,31	10,64	7,48	1,59	»	6,39	[illegible]
BaO.	»	»	»	»	»	»	0,16	[illegible]
NaO.	12,57	13,25	4,07	5,65	7,24	»	4,21	[illegible]
KO.	2,88	4,92	4,10	3,22	7,68	»	5,62	[illegible]
HO.	10,26	5,37	12,42	10,69	2,26	1,43	3,27	[illegible]
Somme. . . .	101,33	101,88	101,03	100,90	100,36	»	101,30	[illegible]

	II.			OBSERVATIONS.
	D	F	G	
TiO^2.	»	0,73	0,15	
SiO^2.	65,25*	64,23	63,65*	* Par différe[nce]
Al^2O^3.	14,55	15,80	16,33	
Fe^2O^3.	4,25	3,47	3,26	
MgO.	traces.	1,45	1,14	
CaO.	1,17	4,87	3,58	
BaO.	»	0,22	0,28	
NaO.	5,74	4,26	5,66	
KO.	9,04	6,16	5,96	
Somme.	100,00	101,19	100,00	

Trass.

M. Röthe (1) a analysé plusieurs trass provenant d'un p[...] bassin naturel qu'on nomme le Ries, duquel nous avons déjà p[...] il se trouve aux environs de Nordlingen et sépare le Jura d[...]

(1) *Neues Jahrbuch*, von G. Leonhard und H. B. Geinitz, 1863.

Souabe de celui de la Franconie. Les caractères de ces trass sont assez variés, comme on peut le voir par leur description et par leur analyse.

A Trass scoriacé, noirâtre, quelquefois tacheté de jaune, de la hauteur près de Schmähingen. Ses cellules sont accidentellement remplies par de la chaux carbonatée.

B Variété du précédent, dans laquelle il y a partout de la chaux carbonatée, de Lierheim.

C Légèrement jaunâtre avec fragments scoriacés, bleuâtres, accompagnés de chaux carbonatée et de quartz. Au chalumeau, il fond difficilement en une scorie de couleur foncée, d'Alten-Burg.

D Pâte brun clair avec parties blanches et rouges, donnant au chalumeau une scorie grise, de Windhau.

E Pâte un peu rougeâtre, devenant jaune par altération, fondant en scorie verte, de Hurnheim. Il contient des fragments de quartz et de granite, ce qui se comprend facilement, puisqu'il traverse un granite.

F Ressemblant assez au précédent, d'Au-Mühle, près Wassertrüdingen.

G Gris clair avec parties noires non décomposées, et parties jaunes qui paraissent résulter d'une altération. Il est traversé par des cellules, et l'on y trouve des grains arrondis de quartz et de granite. Quelquefois il contient beaucoup d'eau, et par insufflation il répand l'odeur argileuse; du village de Mauern.

Ce dernier trass a seul été analysé d'une manière complète par M. Röthe, qui, après l'avoir attaqué à chaud par l'acide chlorhydrique, a déterminé la composition de la partie dissoute (I) et celle du résidu (II).

	A	B	C	D	E	F
Oxyde de fer et alumine.	4,580	4,150	6,016	4,280	7,060	4,500
Carbonate de chaux.	»	13,523	11,561	»	6,113	»
Chaux.	0,885	2,392	0,288	0,816	0,137	1,216
Magnésie.	0,385	1,807	1,478	0,836	1,410	0,716
Silice soluble dans le carbonate de soude.	0,215	1,011	0,358	0,110	0,525	0,591
Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique.	88,510	70,925	70,034	90,850	69,580	82,508
Eau et matières organiques. . .	4,963	5,813	9,532	2,978	14,990	9,230
Alcalis, oxyde de manganèse, acide phosphorique et perte .	0,432	0,349	0,733	0,130	0,815	1,239
Somme.	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MnO^2	CaO	MgO	KO	NaO	PO^5	Perte au feu.	Somme
I.	0,147	3,405	2,155	traces	1,455	0,885	»	»	»	»	8,047
II.	63,100	10,365	1,435	traces	1,680	0,792	3,720	0,200	traces	10,848	92,140

Le trass de Mauern (G) s'exploite dans deux carrières dans lesquelles il est partout entouré par le calcaire jurassique supé

rieur (Jura blanc). On s'en est servi en 1847 pour construire la forteresse d'Ingolstadt; réduit en poudre, il a aussi été employé à la préparation du béton, particulièrement pour les fondations des ponts dans le chemin de fer Sud-Nord de la Bavière. En un mot, il peut recevoir dans les arts les mêmes applications que le célèbre trass de Brohl sur le Rhin.

Cependant, ses propriétés physiques et surtout ses propriétés chimiques sont entièrement différentes; car tandis que le trass de Brohl contient 48,94 de silice dont 11,50 se dissolvent dans l'acide chlorhydrique, celui de Mauern a 63,247 de silice sur lesquels 0,147 seulement sont à l'état soluble. La faible proportion de silice attaquable renfermée dans le trass de Ries explique, dit M. Roth, pourquoi il est de qualité inférieure; pourquoi, même lorsqu'il est réduit en poudre fine, il ne donne pas un béton qui acquière une grande dureté. Pour les travaux de la forteresse d'Ingolstadt, on avait d'ailleurs soin de le calciner d'abord avec de la chaux, afin d'amener une portion de sa silice à l'état soluble.

Les autres trass du Ries (A, B, C, D, E, F), contiennent encore moins de silice soluble que celui de Mauern; attaqués par l'acide chlorhydrique et même par le carbonate de soude, ils n'en donnent guère que des traces; aussi ne peuvent-ils s'employer dans la fabrication des ciments.

Quant à la présence du carbonate de chaux, elle s'explique facilement, puisque les trass du Ries ont fait éruption à travers du calcaire jurassique. Elle indique une dissolution de ce calcaire encaissant qui a eu lieu, soit au moment de l'éruption, soit postérieurement.

On employait autrefois les trass du Ries comme pierres de construction, mais on y a renoncé à cause de la rapidité avec laquelle ils s'altèrent; on leur préfère maintenant le calcaire d'eau douce. Toutefois, le trass des carrières d'Amerdingen sert encore à construire des foyers et on l'expédie pour cet usage par le Danube.

Basalte.

Bohême — M. E. Jahn (1) a analysé quelques roches basaltiques des environs de Pardubitz, en Bohême.

A Roche basaltique du mont Kunetitz, d'une couleur foncée ou gris verdâtre clair, compacte, grenue, sonore, avec de nombreuses cellules contenant

(1) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 789. — *Verhandlungen der K. K. Geol. Reichsanstalt*, [2], XII, 157.

de l'analcime, de la mésotype, de la pyrite de fer, de la chaux carbonatée. Dans la pâte, on distingue de l'hornblende basaltique, du fer oxydulé et quelques paillettes de mica. Cette variété se décompose facilement. On n'y voit pas de péridot. Sa densité, qui reste comprise entre 2,406 et 2,578, est notablement plus faible que celle du basalte.

B Basalte type du Wolfsberg.

C Basalte du filon Spojil, d'une couleur brun foncé tirant sur le vert ou sur le noir, solide et tenace, presque dépourvu de druses et de cellules. Il contient du péridot, du labrador, de l'augite, du fer oxydulé, du mica ferromagnésien de couleur noire. Dans la pâte se distinguent quelques cristaux d'hornblende basaltique ainsi que des grains de chaux carbonatée. Il se décompose difficilement. $d = 2{,}924$.

	SiO^2	Fe^2O^3	Al^2O^3	MnO	CaO	MgO	Alcalis	CO^2	PO^5	Cl	FeS^2	Perte au feu.	Somme.
A*	42,00	18,61	18,80	0,75	4,20	0,59	7,50	2,20	0,63	0,04	0,06	4,93	100,31
B	42,40	26,74	11,80	0,74	10,96	0,22	4,40	»	0,76	»	»	3,30	101,32
C	33,72	19,20	14,43	0,63	9,72	0,94	6,30	»	0,76	»	»	6,70	97,40

* Traces de titane et de fluor.

Ces trois roches basaltiques sont très-pauvres en silice ; celle de Kunetitz dont la densité est faible et qui n'a pas de péridot ne saurait être rapportée au basalte proprement dit. Au contraire, le filon Spojil, bien qu'il renferme moins de 39 de silice, doit être considéré comme un véritable basalte; car il en a les trois minéraux caractéristiques le péridot, le labrador, l'augite.

On peut observer que ces roches contiennent une proportion notable d'acide phosphorique ; c'est d'ailleurs ce qui a été constaté à diverses reprises, même pour des roches ayant une origine éruptive (1).

Lave.

Bords du Rhin— M. G. vom Rath (2) a continué ses recherches sur les roches volcaniques des bords du Rhin. Citons particulièrement les analyses de deux d'entre elles qui ont été décomposées en deux parties, l'une (I) attaquable, l'autre (II) inattaquable par acide chlorhydrique étendu.

---

(1) Rammelsberg. *Handworterbuch der chemischen Theilen der Mineralogie*
(2) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 787.

A Roche avec haüyne (Nosean), quartz et grenat, mélanite, du Perlkopf. Elle est compacte et cependant un peu poreuse; on y observe surtout de l'haüyne et de l'orthose vitreux; mais elle contient en outre un peu d'hornblende et de grenat mélanite, ainsi qu'une très-petite proportion d'augite et de sphène. $d = 2,640$.

B Lave du Hannebacher Ley, dans laquelle on distingue un feldspath blanc, ainsi que de l'augite vert clair et du fer oxydulé. $d = 2,879$.

		Proportions séparées par l'acide.	SiO^2	SO^3	Cl	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
A	I.	50,00	36.15	2,27	0,74	28,05	7,72	4,20	0,42	7,27	11,82	3,59	[illegible]
	II.	50,00	61,75	»	»	8,80	11,50	8,60	2,40	6,50	1,20	»	[illegible]
B	I.	29,20	41,59	»	»	18,82	16,32	6,80	1,07	5,35	6,52	4,35	[illegible]
	II.	70,80	46,30	»	»	4,30	14,20	26,80	10,90	0,50	0,40	»	[illegible]

D'après M. G. vom Rath, la partie de la roche (A), qui est attaquée par l'acide, est de l'haüyne, tandis que le résidu est de l'orthose, de l'hornblende, de l'augite et du grenat mélanite; c'est une sorte d'haüynophyre (*Revue de Géologie*; I, 50).

Pour la lave (B) la partie attaquée ne se laisserait pas représenter par une composition minéralogique simple, toutefois le résidu pourrait être rapporté à l'augite.

Amphigénite. — La lave rejetée dans la dernière éruption du Vésuve a été étudiée par M. G. Rose (1). C'est une amphigénite grise noirâtre avec petits cristaux d'augite vert noirâtre. L'amphigène est en cristaux blancs arrondis, microscopiques; on les reconnaît très-bien à la loupe, surtout en examinant une plaque mince et polie de la lave; car ils deviennent alors transparents et il est facile d'apprécier combien ils sont nombreux. M. G. Rose n'a pas observé de péridot; mais il a trouvé une proportion plus grande qu'à l'ordinaire de mica ferro magnésien, ayant une couleur brun tombac et se montrant seulement dans les cellules.

MÉTÉORITES.

Mésosidérite. — Les météorites continuent à attirer d'une manière spéciale l'attention des minéralogistes, et les bornes de cette Revue ne nous permettent pas d'analyser tous les travaux qui le concernent; cependant nous signalerons particulièrement celle qui a été trouvée par M. Domeyko dans la Sierra de Chaco, sur

(1) *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*; XIV, 537.

côte d'Atacama. M. G. Rose (1), qui s'est occupé de son examen, observe qu'elle est grenue, sans éclat, de couleur noir verdâtre. Quelques grains plus gros de péridot jaune rougeâtre se laissent facilement reconnaître, ainsi que de l'augite vert noirâtre. Le fer métallique est, comme d'habitude, allié au nickel, et se trouve intimement disséminé dans l'échantillon. De prime abord, on ne l'aperçoit presque pas; mais lorsqu'on fait polir un fragment de cette météorite, on reconnaît de suite combien il est abondant. La pyrite magnétique qui est en parcelles encore plus fines se laisse aussi distinguer facilement, grâce à sa couleur brun tombac. De même que le fer, elle se montre jusque dans l'intérieur des cristaux. Comme on l'a constaté déjà dans d'autres météorites, le péridot ne fond pas au chalumeau et n'est pas riche en fer; quant à l'augite, il fond difficilement et seulement lorsqu'il est réduit en esquilles minces.

La météorite de la Sierra de Chaco ressemble beaucoup, dit M. G. Rose. à celle de Hainholz, qui a été décrite par M. Reichenbach (2) Toutes deux se distinguent notablement des autres météorites. Elles offrent d'abord cette particularité remarquable qu'elles contiennent de l'augite, qui n'est pas accompagné d'anorthite comme dans la météorite de Juvenas. mais qui est au contraire associé avec le fer renfermant du nickel, avec le péridot et avec la pyrite magnétique. En outre, le fer nickelé et la pyrite magnétique d'une part, le péridot et l'augite d'autre part, s'y trouvent en proportion à peu près égale.

D'après ces motifs, M. G. Rose pense qu'il convient de désigner ces météorites par un nom spécial; il propose donc celui de *mésosidérite* (μεσος, moitié; σιδηρος, fer) qui rappelle une de leurs propriétés facile à reconnaître et qui indique une proportion égale pour les silicates et pour les parties métalliques.

Classification des météorites. — L'étude des nombreuses météorites que possède le musée de l'Université de Berlin a conduit M. G. Rose (3) à s'occuper récemment de leur classification. De même que pour les autres roches, M. G. Rose propose une classification basée sur leurs caractères minéralogiques. Deux grandes divisions sont d'abord établies; elles comprennent, l'une, les météorites métalliques, l'autre, les météorites pierreuses.

(1) *Monatsbericht der Konigl Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 15 janvier 1863.
(2) Wöhler *Poggendorff Annalen*, 185"; C, 342.
(3) *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, 1862; XVI, 539.

1° Dans la première, il range le Fer météorique proprement dit et la Pallasite.

2° Dans la deuxième, M. G. Rose distingue la Chondrite, l'Howardite, la Chassignite, la Chladnite et enfin l'Eukrite, qui contient de l'augite ainsi que de l'anorthite. Les météorites d'Alais et du Cap, qui renferment du carbone, forment aussi une espèce à part. Enfin il faut encore y ajouter la mésosidérite dont nous venons de parler.

ROCHES MÉTALLIFÈRES.

Les roches métallifères ont une importance exceptionnelle et plusieurs publications périodiques sont spécialement consacrées à leur étude ; indépendamment des *Annales des mines*, nous citerons plus spécialement le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne*, le *Journal des mines et usines* de MM. Bornemann et Bruno Kerl(1), les *Études sur les gîtes métallifères* de MM. B. de Cotta et H. Muller (2), l'*Annuaire pour la minéralogie et la géologie* de G. Leonhard et B. Geinitz, la *Revue des mines* de Madrid (3), le *Mining Journal*. Ces recueils entrent dans de grands détails sur les roches métallifères; mais les limites dans lesquelles cette Revue doit se renfermer nous obligent à indiquer seulement les faits principaux relatifs à leur gisement et à leur composition. Nous y insérerons surtout les communications qui nous ont été faites par divers ingénieurs chargés de diriger des exploitations de mines. On y trouvera aussi des documents intéressants qui proviennent de rapports inédits, adressés à M. le Ministre des Affaires Étrangères par les Agents Consulaires de France.

Les minerais seront d'ailleurs classés d'après les métaux qu'ils fournissent et décrits ensuite conformément à l'ordre géographique adopté dans cette Revue.

Aluminium.

Cryolite. — Considérée jusque dans ces derniers temps, comme une rareté propre à orner nos collections, la cryolite s'emploie maintenant d'une manière courante dans plusieurs industries. On sait d'abord qu'il est possible d'en extraire de l'aluminium dont elle

(1) *Berg und Huttenmannische Zeitung.*
(2) *Gangstudien oder Beiträge zur Kentniss der Erzgänge.*
(3) *Revista minera.*

contient 13 p. 100, et de plus M. Henry Sainte-Claire Deville l'emploie comme fondant pour séparer ce métal du chlorure double d'aluminium et de sodium; mais elle sert en outre avec grand avantage à la fabrication de la soude et de l'alun. D'après M. Leouzon-Leduc (1), une usine qui a été établie à Copenhague pour cette dernière fabrication a même produit, pendant l'année 1861, 4 millions de kilogr. de soude et 500.000 kilogr. d'alun.

Le seul gisement de cryolite exploitable que l'on connaisse est celui d'Arksukfjord au Groenland. La mine qui a été explorée en 1856, par S. A. Le Prince Napoléon, présente environ 9.000 mètres carrés de surface et sa distance à la côte est seulement de 20 mètres. D'après M. Léouzon-Leduc, une compagnie danoise en a obtenu la concession pour douze années à partir de 1862 et en même temps le droit de chasse, de pêche et de culture. Des vaches ont pu être naturalisées au Groenland, malgré la rigueur de son climat; et lorsque le foin ou la paille viennent à manquer, elles s'accommodent de poisson sec, alimentation peu favorable à la qualité du lait, mais qui ne nuit en rien à celle de l'engrais. Le nombre des ouvriers qui travaillent à la mine est habituellement de 50 et un petit chemin de fer a été construit; en 1861, on a chargé 3.300.000 kilogr. de cryolite qui ont été importés en Europe par 21 navires. Malheureusement, la redevance que la compagnie doit payer à l'État est trop considérable; car elle a été fixée à 12 p. 100 du produit brut pendant les deux premières années et à 20 p. 100 pour les années suivantes.

Fer.

Montbéliard. — M. Contejean (2) s'est occupé des minerais de fer des environs de Montbéliard. Ils appartiennent au terrain nommé sidérolitique qui, d'après les observations de MM. Quiquerez, Gressly, Thirria et Grüner, doit être considéré comme formé, soit par des éruptions boueuses, soit plutôt par des sources thermales et ferrugineuses.

Ce terrain est formé d'argiles et de sables, avec grains de limonite qui ont rempli des crevasses dans tous les étages jurassiques, particulièrement dans ceux qui sont supérieurs. Souvent les parois des crevasses ont été métamorphosées et imprégnées de limonite.

---

(1) Note adressée par M. Leouzon-Leduc à M. le Ministre de l'Agriculture relativement aux usages industriels de la Cryolite.
(2) *Mémoires de la Société d'émulation de Montbéliard* [2], I, 75.

Le terrain sidérolitique s'étend au Nord et à l'Est de Montbéliard, formant des bassins très-irréguliers et peu étendus qui sont recouverts par la mollasse et par le terrain diluvien. Son âge, comme le remarque M. Contejean, est difficile à préciser: on sait seulement qu'il est postérieur aux terrains jurassiques et antérieur au miocène.

M. Maussier (1) a fait de son côté une étude spéciale du minerai de fer exploité pour la forge d'Audincourt. Tantôt il se trouve dans les couches du terrain tertiaire dans lesquelles il s'est formé, tantôt, au contraire, il a été remanié.

Le minerai originaire est presque toujours de qualité supérieure: il appartient à un vaste dépôt qui est situé à l'Est d'une ligne menée entre Roppe et Audincourt, et qui occupe une dépression du terrain jurassique. Ce dépôt atteint 100 mètres d'épaisseur à Roppe: il a pour toit un poudingue à blocs calcaires cimenté par une argile avec grains de minerai de fer. Au-dessous, on rencontre une masse épaisse d'argile, ayant une couleur variée, dans laquelle les grains de minerai de fer sont disséminés en amas irréguliers. Le terrain sidérolitique se prolonge sous le terrain tertiaire miocène, consistant en argiles et calcaires marneux; c'est notamment ce que l'on peut constater facilement dans les exploitations d'Exincourt (Doubs) et de Fèche-l'Église (Haut-Rhin).

Près de Délemont, M. Quiquerez et les géologues suisses ont signalé du minerai de fer qui est dans les mêmes conditions de gisement que celui duquel nous venons de parler; quelquefois cependant ce minerai a subi des bouleversements, et à Develier-Dessus il a été replié sur lui-même au voisinage du calcaire jurassique.

Quant au minerai remanié, il forme, d'après M. Maussier, des traînées irrégulières, que les mineurs du pays appellent des veines. Ces veines ont rarement plus de 1 mètre d'épaisseur; elles suivent des cavernes sinueuses et allongées, ouvertes dans le calcaire jurassique et communiquant quelquefois entre elles. La section des cavernes varie de 1 à 10 mètres quarrés, et la longueur sur laquelle on y trouve du minerai peut être de plusieurs centaines de mètres. Le minerai de fer est disséminé au milieu d'une argile jaune boueuse qui a rempli les cavernes; il porte des traces évidentes de transport par l'action des eaux et divers fossiles l'accompagnent; il y a notamment des encrines et des belemnites prove-

(1) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1861; VI, 673.

nant du terrain jurassique, et aussi des ossements de vertébrés diluviens. Il est donc facile de comprendre pourquoi il donne du minerai phosphoreux et de médiocre qualité.

Autun.— M. H. Gislain(1) a signalé à l'attention les gîtes de fer reconnus dans les environs d'Autun. Leur nombre, suivant lui, serait considérable, car il s'élèverait à 150 Nous donnons ici l'indication de leur gisement, en faisant d'ailleurs toutes réserves quant à l'importance industrielle qu'ils peuvent avoir.

1° Les minerais d'alluvion de ce district métallifère appartiennent à deux assises : ceux de l'assise supérieure reposent sur le calcaire à gryphées arquées ; leur épaisseur est habituellement de 0m,5, et elle ne dépasse pas 2 mètres. Ceux de l'assise inférieure sont entre des bancs d'argile ou de sable, et leurs grains sont plus volumineux que les précédents. Ils sont tantôt au jour, tantôt sous 1 à 2 mètres de terre de recouvrement ; la puissance moyenne de l'assise ferrifère exploitable serait environ de 0m,80, et elle pourrait atteindre 2 mètres.

2° Le minerai de fer en couches se montre aussi à différents niveaux dans les terrains stratifiés des environs d'Autun.

Ainsi quelques rognons irréguliers ont été observés dans le terrain houiller et dans les schistes bitumineux du Grand-Moloy.

Le terrain jurassique contient, d'un autre côté, des couches de minerai dans l'oxfordien, dans la grande oolite, dans l'oolite inférieure et surtout à la base du lias. C'est à ce dernier étage qu'appartiennent les mines bien connues de Thostes et de Beauregard.

3° Du minerai en filons ou en amas se rencontre encore dans les porphyres et dans les gneiss qui entourent le terrain houiller du bassin d'Autun.

D'après M. Gislain, quand on avance d'Épinac vers le canal de Bourgogne, l'acide phosphorique contenu dans ces minerais tendrait à diminuer, tandis que la teneur en fer tendrait au contraire à augmenter ; ainsi, au district d'Écutigny, elle est seulement de 22 p. 100 ; mais à Vicq, elle s'élèverait à 25, puis à 30 aux environs de Sainte-Sabine, et même à 34 à Vandenesse.

Une carte indique la position de ces différents minerais de fer, et M. Gislain énumère les avantages qu'une grande usine à fer établie près d'Autun trouverait, suivant lui, dans le voisinage d'un bassin houiller important et dans la création de nouvelles voies ferrées.

(1) *Du fer et du charbon à Epinac-Autun et environs.* — Paris.

Luxembourg. — M. E. Mahon (1), vice-consul de France dans le grand-duché de Luxembourg, a décrit des gisements de minerais de fer qu'on y a rencontrés. Ils s'étendraient dans le canton de Clervaux, depuis Weis-Wampach jusqu'au delà de Behot, sur une longueur d'environ 15 kilomètres, et dans une direction perpendiculaire à cette première ligne, entre Ourth, en Belgique, et Lascheide, en Prusse. Leur centre se trouve à peu près à l'endroit où les frontières de Prusse, de Belgique et du Grand-Duché de Luxembourg viennent converger en un seul point.

L'analyse a montré que le minerai est de l'hydroxyde de fer mélangé avec un peu d'argile. Sa densité est 3,50. Il provient quelquefois de la décomposition de la pyrite de fer, dont il a conservé la forme; quelquefois aussi il a pseudomorphosé de la chaux carbonatée. Il se présente encore à l'état d'oolite, de pierre d'aigle et de stalactites ayant une structure fibreuse. Bien qu'on y trouve des débris de fossiles, il ne renfermerait que peu de phosphates. Sa richesse en fer est environ de 44 p. 100, et il constitue un minerai qui pourrait devenir une ressource pour les bassins de Liége et de Charleroi. Une gare qui doit être établie dans la vallée de l'Ourt, au point de jonction des chemins de fer luxembourgeois et belge, facilitera d'ailleurs l'expédition de ce minerai.

Vall'-Alta. — La vallée de Vall'-Alta, dans les Alpes Vénitiennes, offre, indépendamment d'autres minerais, des filons de fer spathique. D'après M. Vom Rath (2), l'un de ces filons, qui se trouve à Pian della Stua, présente une épaisseur de 2 mètres et s'exploite pour le haut-fourneau de Primiero.

Gellivara. — La montagne de Gellivara au Nord de la Scandinavie renferme des gîtes de fer très-importants qui ont été explorés récemment par M. le professeur Erdmann et par M. B. Turley (3). Le minerai est un mélange de fer oligiste et de fer oxydulé, d'une richesse de 60 à 70. Sa gangue est le quartz et l'amphibole. Il ne contient pas de pyrite; sur certains points on trouve de l'apatite. Toutefois, la teneur du minerai en acide phosphorique est seulement comprise entre 1/20 et 1,7; or dans ces limites elle ne nuit pas à la qualité du fer; car les minerais de Grangesberg qui servent à fabriquer les plaques les plus renommées pour la

(1) Dépêche adressée à M. le Ministre des Affaires Etrangères par M. Mahon (Eugène), vice-consul de France dans le Grand-Duché de Luxembourg (21 mai 1863).

(2) *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft.* XVI, 134.

(3) *Berg und Huttenmænnische Zeitung*, 1863; 348.

navires cuirassés, n'ont pas moins de 0,150 à 2,911 d'acide phosphorique.

Le minerai de fer de Gellivara forme des amas parallèles qui sont encaissés dans le gneiss rouge et suivent une direction comprise entre N.-N.-O. et N.-O. Dans quelques mines, on peut les exploiter sur plus de 650 mètres de longueur et sur 35 mètres de largeur.

Zinc.

Santander. — Les mines de zinc des environs de Santander, en Espagne, desquelles nous avons déjà parlé précédemment (1), ont été étudiées de nouveau par M. Schonichen (2), ainsi que par MM. W. K. Sullivan et J. P. O'Reilly (3).

Trois groupes principaux peuvent y être distingués :

I *a* Comillas, Sainte-Lucie et Saint-Félix. — *b* Vallée de Ciquenza et Oreña. — *c* Vallée d'Udias. — *d* Mercadal et Réocin. — *e* Montagne Florida. — *f* Puente Arce et Santander.
II Montagnes Dobra et Viesgo ; Merodio ; Tresviso ; Pics d'Europe.
III Potes et Reynosa.

Sur le versant Français des Pyrénées, on a quelquefois signalé des traces de minerais de zinc, et récemment M. Des Cloizeaux a rencontré un peu de carbonate de zinc mammelonné, au-dessus du village des Eaux-Bonnes, dans un gîte où l'on exploitait autrefois de la galène et de la blende. Il nous paraît utile d'appeler l'attention sur ces résultats qui peuvent conduire à la découverte de minerais de zinc exploitables.

MM. Sullivan et O'Reilly ont donné des analyses bien complètes des minerais de zinc provenant des divers gisements des environs de Santander.

Blende. — Relativement à la blende, ils observent d'abord qu'elle ne contient pas de cadmium, mais seulement un peu de fer et de manganèse. Elle renferme en outre de très-petites quantités de sulfates de chaux et de magnésie ou de baryte sulfatée. C'est à l'hydratation des sulfates anhydres de chaux et de magnésie que MM. Sullivan et O'Reilly attribuent la facilité avec laquelle la

---

(1) *Revue de géologie*, II, 102.
(2) *Berg und Huttenmannische Zeitung*, 1863 ; 163.
(3) *Notes on the Geology and Mineralogy of the Spanish provinces of Santander and Madrid.*

blende de Tresviso, qui est bien transparente, s'altère et se change en carbonate le long de ses plans de clivage. D'un autre côté, la présence de ces sulfates est importante à constater, car elle paraît indiquer que la blende doit son origine à des eaux minérales.

Smithsonite. — La smithsonite des environs de Santander est formée de carbonate de zinc accompagné accidentellement de quelques centièmes de carbonates de fer et de manganèse. La proportion de ces derniers est du reste très-variable; elle se réduit même à 0,25 dans la smithsonite mamelonnée de Merodio. La variété de ce minerai, qui se trouve au nord des montagnes Dobra, et qui a son gisement dans la dolomie, contient habituellement plus de fer que celle des Pics d'Europe; de plus, le fer y est à l'état de peroxyde.

I Smithsonite rouge, compacte, à cassure terreuse, de la mine Esmeralda.
II Smithsonite blanc grisâtre, formant des concrétions dans le calcaire [illegible]neux, qui est immédiatement au-dessous de la dolomie, de Réocin.

	ZnO,CO^2	MnO,CO^2	FeO,CO^2	CaO,CO^2	MgO,CO^2	Fe^2O^3,HO	Mn^3O^4	Résidu insoluble	[illegible]
I.	88,514	»	»	0,952	0,135	8,832	0,648	0,953	[illegible]
II.	86,580	0,777	5,171	1,577	»	»	»	6,122	[illegible]

Le résidu de la smithsonite II est un squelette spongieux [illegible] une analyse spéciale a été faite également et a donné :

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	Alcalis et perte.	Somme.
II$_a$	80,014	12,105	4,692	0,100	0,537	1,175	1,317	[illegible]

Marionite. — Dans les mines de la vallée d'Udias, il existe des hydrocarbonates de zinc qui ont déjà été analysés par MM. Peterson et E. Veit, ainsi que par M. Terreil; MM. Sullivan et O'Reilly ont déterminé de nouveau leur composition. Dans une série d'expériences, ils ont d'abord constaté qu'à une température inférieure à 200°, ces hydrocarbonates perdent non-seulement leur eau d'hydratation, mais même la plus grande partie de leur acide carbonique; toutefois on peut les dessécher sans inconvénient à la température de l'eau bouillante. Leur dureté est environ 2. La densité, qui était 3.758 pour un échantillon contenant plus de 18 p. % d'eau d'imbibition, s'est réduite à 2.232 lorsqu'il a été desséché.

Voici les résultats obtenus :

I Hydrocarbonate de zinc en masse compacte, à surface ondulée, résultant d'un dépôt sédimentaire et présentant même des *ripple-marks*. Il est terreux, opaque, et sa couleur est le blanc de neige.

II Hydrocarbonate blanc compacte, en couches distinctes légèrement indiquées par de l'argile. Des fossiles y sont enveloppés.

III Couche extérieure d'un stalactite présentant une structure fibreuse analogue à celle de la calamine.

IV Hydrocarbonate blanc, en nodules d'un centimètre de diamètre.

	I	II	III	IV
Oxyde de zinc	74,059	74,092	74,437	74,480
Chaux	0,011	»	»	»
Phosphate de fer	0,008	»	»	»
Alcalis combinés à la silice	0,003	»	»	»
Acide carbonique	14,934			
Eau combinée	10,070	25,908	25,563	25,520
Eau hygrométrique	0,964			
Matière organique	traces	»	»	»
Somme	100,019	100,000	100,000	100,000

Si l'on désigne par A les substances que M. Graham a nommées colloïdes, par m et n des nombres simples, on sait que leurs hydrates peuvent être en quantité presque indéfinie et qu'ils sont représentés par la formule générale

$$mA + nHO.$$

Au contraire, les substances dites cristalloïdes ne se combinent pas du tout avec l'eau ou bien elles forment avec elle un petit nombre de composés définis D'après MM. Sullivan et O'Reilly, les hydrocarbonates de zinc de Santander représenteraient une troisième classe de substances intermédiaires entre les colloïdes et les cristalloïdes, et participant des caractères de chacune d'elles. Comme les colloïdes, ils forment une succession d'hydrates instables ; comme les cristalloïdes, ils en forment quelques-uns qui sont plus stables. MM. Sullivan et O'Reilly proposent la formule

$$3(ZnO,CO^2) + 5(ZnO,HO)$$

dont les résultats concordent d'ailleurs assez bien avec ceux de l'analyse

$$8ZnO = 74,529, \quad 3CO^2 = 15,144, \quad 5HO = 10,325.$$

Il est vraisemblable qu'on doit rapporter à la même espèce minérale l'hydrocarbonate de zinc du comté Marion, dans l'Arkansas,

qui a été décrit sous le nom de marionite par M. W. Elderhorst (1).
Son analyse a donné :

ZnO	CO^2	HO	Somme.
73,262	15,010	11,808	100,80

La proportion d'eau est seulement un peu plus grande, mais cela tient sans doute à ce que le minéral n'a pas été complétement desséché, car sa composition est la même qu'à Santander, et de plus son gisement est analogue. Il serait donc convenable d'attribuer un nom spécial à ces hydrocarbonates de zinc, qui constituent un minerai de zinc important, et celui de *marionite*, proposé d'abord par M. W. Elderhorst, nous paraît devoir être adopté.

Zinc pisolitique. — La marionite des environs de Santander est encore accompagnée par un minerai de zinc pisolitique qui est formé de diverses combinaisons hydratées du silicate avec le carbonate de zinc.

Ce minerai se trouve en pisolites dont la grosseur varie depuis 1 millimètre jusqu'à 5 centimètres. On y distingue des couches concentriques, opaques, bien régulières, qui peuvent être détachées l'une de l'autre. Leur surface est quelquefois polie et nacrée. Presque toutes les pisolites ont d'ailleurs un noyau opalin et semi-translucide. Ce dernier présente une grosseur variable : tantôt il est rudimentaire, tantôt, au contraire, il constitue une grande partie de la pisolite ; il paraît du reste à peu près homogène. Sa dureté est de 3,5. Sa densité n'est pas constante. M. Terreil avait déjà déterminé la composition de ce minerai de zinc pisolitique, et voici le résultat de plusieurs analyses nouvelles qui ont été faites par MM. Sullivan et O'Reilly :

I Globule sphéroïdal de couleur blanche, présentant une cassure qui rappelle le biscuit de la porcelaine.
II Noyau paraissant provenir d'un gros globule ; son éclat est résineux et presque vitreux, sa couleur est le blanc de lait. Il est cassant et ressemble à l'opale. $d = 3{,}694$.
III Globule de 7 millimètres, bien régulier, ayant l'apparence d'un émail blanc.
IV Variété de II ; sa couleur est blanche et sa cassure est celle du biscuit de la porcelaine.
V Noyau de 5 millimètres pris au centre d'un globule de 10 millimètres. Variété du précédent.

(1) Dale Owen. *First report of a geological reconnaissance of the northern counties of Arkansas*, 1858 ; 153.

	I	II	III	IV	V
ZnO	68,780	64,549	61,865	62,266	66,844
CaO	0,240	0,006	traces	0,001	traces
MgO	0,015	traces			
MnO	0,002	»	»	»	»
FeO avec P^2O^5	0,007	0,003	0,002	0,003	0,002
Alcalis	traces	traces	traces	traces	traces
SiO^2	3,950	6,493	8,292	9,214	17,471
CO^2	16,180	11,246	11,301	10 101	4,637
HO	10,675	17,672	18,624	19,362	10,834
Somme	99,849	99,969	100,084	100,947	99,788

Les résultats de ces diverses analyses se laissent représenter par les formules :

$$
\begin{array}{lllll}
\text{I} & 2ZnO,SiO^2 & + 5(2ZnO,CO^2) & + & 8HO. \\
\text{II} & 2ZnO,SiO^2 & + 3(2ZnO,CO^2) & + & 9HO. \\
\text{III} & 2ZnO,SiO^2 & + 2(2ZnO,CO^2) & + & 8HO. \\
\text{IV} & 2(2ZnO,SiO^2) & + 3(2ZnO,CO^2) & + & 14HO. \\
\text{V} & 2(2ZnO,SiO) & + 2ZnO,SiCO^2 & + & 4HO.
\end{array}
$$

D'après MM. Sullivan et O'Reilly, le minerai de zinc pisolitique résulterait donc de la combinaison en proportions variables du silicate de zinc hydraté avec le carbonate; sa formule générale serait :

$$m(2ZnO,CO^2) + n(2ZnO,SiO^2) + pHO.$$

Minerais divers. — MM. Sullivan et O'Reilly ont encore analysé des calamines et d'autres minerais de zinc des environs de Santander.

I Calamine fibreuse, incolore, légèrement translucide, associée à l'hydrocarbonate de zinc de la mine San Bartolome.

II Stalactite de la caverne Dolorès.

III Calamine botryoïde, en prismes radiés de couleur brune, ayant une densité de 3,267 et formant des globules disposés parallèlement à la stratification dans la mine Florida.

	I	II	III
ZnO	67,792	72,410	62,195
CaO	»	0,382	traces
MgO	»	0,087	»
MnO	»	0,028	»
FeO	»	0,301	»
Fe^2O^3	»	»	5,182
SiO^2	23,424	1,370	24,883
CO^2	1,421	14,791	»
HO	7,263	10,115	7,121
Somme	99,900	99,484	99,381

MM. Sullivan et O'Reilly observent que dans les échantillons (I) et (II) le silicate de zinc est associé au carbonate, tandis que dans les globules botryoïdes (III), il paraît combiné avec un silicate de fer Du reste, en dissolvant le silicate de zinc par la potasse caustique, on isole entièrement ce silicate de fer, et l'on trouve qu'il a pour formule

$$2Fe^2O^3,SiO^2 + HO.$$

Cuivre.

Huelva. — On sait qu'il existe dans le district de Huelva, province de Séville, en Espagne, des mines de cuivre qui sont particulièrement importantes à Rio-Tinto (1) Elles ont été étudiées par M. Casiano de Prado, par M de la Escosura, et plus récemment par un ingénieur allemand, M. F. Schönichen (2).

Le minerai consiste, comme nous l'avons dit, en pyrite de fer contenant habituellement quelques centièmes de cuivre sulfuré On y trouve aussi un peu de plomb, d'arsenic et de nickel. Il présente cinq zones métallifères qui sont parallèles et traversent la province dans la direction E.-S.-E. Au voisinage des schistes qui encaissent le minerai, M. Schönichen signale des porphyres quartzifères et des diorites, à l'éruption desquels il rattache le dépôt de la pyrite par des eaux minérales. Mais, d'un autre côté, l'on observe que les amas de pyrites forment des lentilles alignées qui sont généralement tout à fait indépendantes de la stratification du schiste; il est donc plus naturel de les considérer comme des gîtes métamorphiques provenant de filons qui étaient d'abord intercalés dans les schistes et qui ont été métamorphosés en même temps que ces derniers.

— Un ingénieur français, M. Ernest Deligny (3), vient encore de publier un aperçu historique sur les mines de cuivre du district de Huelva et de la Sierra de Tharsis (l'antique *Thartesis Bætica*).

Les premières populations qui habitèrent cette partie de l'Espagne près des bouches du Guadalquivir, y furent sans doute attirées par la présence du cuivre. Les Berbères ou Ibères sont les ancêtres des Kabyles actuels qui habitent les montagnes de l'Atlas. Arabes et Andalous paraissant avoir la même origine. Ces anciens

(1) *Revue de géologie*, II, 104.
(2) *Berg und Huttenmænnische Zeitung*, 1863; 200 à 243.
(3) *Apuntes historicos sobre las minas cobrizas de la sierra de Tharsis* (Thartesis Bætica.) — *Revista Minera*, t. XIV, p. 111, 158, 182, 208, février, mars, avril 18.. (Extrait par M. Ed. Collomb).

peuples connaissaient déjà l'usage des métaux, et lorsque les Phéniciens arrivèrent, ils se livrèrent au commerce, tandis que les montagnards ibériens s'occupaient de l'exploitation du cuivre.

Les anciens puits sont innombrables; de plus, les masses considérables de scories, et les ruines de grands villages indiquent des exploitations qui ont eu lieu sur une échelle colossale. On remarque d'ailleurs dans ces amas deux espèces de scories très-différentes, qui forment des couches régulièrement superposées comme dans un terrain stratifié; l'une, inférieure, appartient à l'époque phénicienne et carthaginoise; l'autre, supérieure, à l'époque romaine; cette dernière, qui est facile à distinguer, indique un mode de préparation et de fusion tout différent.

Le gouvernement romain se réservait la propriété et l'exploitation des mines; les travaux étaient déclarés d'utilité publique et dirigés par des fonctionnaires qui s'appelaient *procuratores metallorum*. Une inscription trouvée en 1772 à Rio-Tinto, nous enseigne que ces mines étaient en activité sous le règne de Nerva. L'exploitation par des esclaves était la règle; cependant M. Deligny pense, d'après ses recherches historiques, que les habitants de ces montagnes n'étaient pas forcés au travail des mines, et qu'ils conservaient une certaine liberté sous la domination romaine.

L'époque arabe n'a pas laissé la moindre trace d'exploitation dans la Sierra de Tharsis, et, d'un autre côté, le pouvoir des rois de Séville et de Cordoue n'a probablement jamais pénétré dans ces montagnes.

A l'époque moderne les premières tentatives pour reprendre les travaux eurent lieu sous le règne de Philippe II, de 1563 à 1569, époque à laquelle des concessions furent accordées; mais dans les siècles suivants et même jusqu'à l'année 1853, ces mines si riches tombèrent dans un état complet d'abandon; c'est seulement depuis ces dix dernières années que les travaux se sont organisés sur une grande échelle, avec des moyens et des capitaux suffisants. L'extraction annuelle atteint maintenant 200.000 tonnes de minerai; on le traite soit en Angleterre, soit sur place, et il produit environ 6.000 tonnes de cuivre affiné.

Algérie. — Sur les bords du lac Djendeli et aux pieds de la chaîne du Bou-Arif, dans la province de Constantine, M. H. Coquand (1) a étudié un gîte de cuivre gris. La gangue est un jaspe très-dur, à grain serré, qui est sillonné par des veines de quartz hyalin. De la baryte sulfatée se montre aussi dans quelques géodes.

(1) *Mémoires de la Société d'émulation de la Provence*, 1862; II, 35, 39.

En se décomposant, le cuivre gris a donné de la malachite et de l'azurite qui attirent immédiatement l'attention et tendent à faire croire à une grande richesse en cuivre, mais le minerai paraît cependant être peu abondant. Un gîte analogue se rencontre encore près de Kenchela.

Ces gîtes métallifères appartiennent au terrain crétacé inférieur et ils sont contemporains de l'un de ses étages. M. Coquand a constaté, en effet, que le jaspe contient la chama ammonia fossile caractéristique de l'étage qu'il nomme urgonien. De plus des traces de cuivre se montrent aux flancs des vallons sur une épaisseur à peu près constante et au niveau même de ce fossile.

Le minerai de cuivre a donc été apporté par des sources minérales au moment où se déposait l'étage à chama ammonia. [illegible] une origine sédimentaire, comme celui qui imprégne le schiste permien du Mansfeld. Telle est aussi l'origine du minerai de plomb qui forme des couches dans le grès bigarré de Commern; du minerai de cuivre des grès bigarré et vosgien des environs de Saint-Avold, de l'antimoine oxydé de Djebel-Haminat, qui, d'après M. Coquand, est néocomien et enfin du cuivre pyriteux des environs de Garsa qui appartient à la mollasse (1).

Ile de Luçon. — Nous trouvons dans la *Revista Minera* [illegible] mémoire de M. l'ingénieur en chef Jose Maria Santos (2), auquel est confiée la direction des mines des îles Philippines, [illegible] traite des mines de cuivre de Mancayan, Suyuk, Bumucun et Agbao, qui se trouvent dans le district de Lépante, île de Luçon, aux Philippines. Les premiers chapitres sont consacrés à des observations sur l'industrie en général et sur la partie historique des mines; quoiqu'elles fussent exploitées depuis des siècles par les indigènes, elles ne furent réellement connues et appréciées [illegible] gouvernement espagnol que vers 1833, d'après les rapports du capitaine général de l'île. L'exploitation par les indigènes a été de 1840 à 1855, en moyenne, de 190 quintaux métriques par an livrés à Manille; c'est un chiffre extraordinaire en raison de l'extrême imperfection de leurs moyens industriels.

La partie du rapport consacré à la géologie du district de Lépante donne peu de détails sur la nature du sol. Après des plaines qui

(1) *Revue de géologie*, I, 66; II, 106.

(2) *Informe sobre las minas de cobre de las Rancherias de Mancayan, Suyuc, Bumucun y Agbao en el distrito de Lepanto, isla de Luzon de las Filipinas*, por D. Jose Maria Santos, ingénieur en chef. — *Revista minera*, t. XIV, n° 304, p. [illegible]; n° 305, p. 97; n° 306, p. 149; n° 307, p. 165; n° 308, p. 282; n° 310, p. 245. (Extr. par M. Edouard Collomb.)

ternaires du littoral, au milieu desquelles surgit le cône volcanique nommé Arayat, et après des dépôts madréporiques qui s'élèvent à une quarantaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, on pénètre peu à peu, pour arriver aux mines, dans la partie montagneuse du centre de l'île, qui est d'un accès très-difficile. L'abondance de la végétation empêche le géologue de reconnaître la nature du terrain, cependant M. Santos y a récolté quelques échantillons de roches, toutes sédimentaires, et quelques fossiles qu'il suppose antérieurs au terrain tertiaire. Dans la cordillère de Tilan toutes les roches sont dirigées S.-S.-E., parallèlement à la cordillère centrale de Caraballos; elles se composent de masses trapéennes, dans lesquelles on remarque des îlots de calcaires bleus et rouges avec veines de silice et nodules ferrugineux. Les fossiles sont très-rares sur les points visités par M. Santos, mais d'après les observations d'un naturaliste allemand, M. Ch. Semper, qui a fait une expédition dans cette contrée, les nummulites paraissent être très-abondantes dans ces calcaires.

Quelques-uns des filons ou amas de cuivre sont enclavés dans des roches éruptives et ont, suivant M. Santos, la plus grande analogie avec ceux du lac Supérieur en Amérique; d'autres sont associés à des filons de quartz, de porphyre quartzifère et de porphyre argileux.

Le minerai se compose d'un grand nombre d'espèces minérales, de cuivre gris antimonial et arsenical, de cuivre sulfuré, de pyrite de cuivre, d'oxyde noir et d'autres variétés. Sa gangue est exclusivement quartzeuse. L'essai de 100 parties d'un filon a donné :

Cuivre	16,61
Silice	47,06
Soufre	24,44
Antimoine, Arsenic, Fer, Perte	11,86
	100,00

D'autres essais ont rendu depuis 4 à 6 p. 100 jusqu'à 25 et 35 p. 100 de cuivre.

Le rapport se termine par l'exposition de projets de travaux sur les exploitations de Suyuc, Bumucun et Agvao par des détails métallurgiques et par l'évaluation des dépenses nécessaires pour arriver à une production moyenne de 20,000 quintaux métriques de cuivre par année.

Sud de la Californie (1). — Les mines de cuivre de la Soledad, bien que connues depuis vingt ans, ont été négligées jusqu'ici pour les mines d'or; mais des découvertes récentes y ont été faites et plusieurs exploitations viennent d'y être entreprises sur une grande échelle. Dans beaucoup d'endroits le cuivre se montre à l'état natif. Tout paraît indiquer qu'il y a dans cette région des mines de cuivre et d'argent dignes d'attirer l'attention.

A 40 kilomètres plus au nord, en suivant la vallée de la Soledad, au versant d'une montagne qui sépare cette vallée du désert, on trouve les mines de cuivre dites Big Mealow. Ces mines sont très-étendues, et on suppose aussi qu'elles sont riches; cependant comme elles ont été découvertes depuis peu, aucune exploitation sérieuse n'y a encore été entreprise.

Des mines de cuivre très-remarquables sont situées sur les deux rives du Colorado et à proximité de la rivière, à une distance d'environ 480 kilomètres de Los Angeles et dans une direction Est-Sud-Est.

Presque toutes contiennent du cuivre oxydé noir et du cuivre oxydulé rougeâtre. Les gîtes sont nombreux et se rencontrent sur une étendue de 150 kilomètres; mais sur aucun point on n'a poussé les fouilles à plus de 6 mètres de profondeur; toutefois, le minerai est riche et abondant, en sorte que tout porte à croire que son exploitation donnera de bons résultats. Dans ces mines, le cuivre est d'ailleurs associé à l'argent.

Canada. — Dans une lettre adressée à M. Elie de Beaumont, M. le D[r] C. T. Jackson (2), donne quelques renseignements sur deux mines de cuivre du Canada qu'il a visitées récemment. Près d'Halifax, il signale un filon de cuivre gris ayant un mètre de puissance qui traverse un schiste argileux satiné, appartenant au système taconique.

La mine de cuivre d'Acton qui se trouve également dans le Canada oriental n'est pas moins remarquable par sa richesse que par son gisement. D'après M. Jackson, cette mine est ouverte dans une couche de calcaire magnésien qui est intercalée dans le schiste taconique; elle contient divers minerais de cuivre. L'épaisseur du gîte exploitable peut atteindre jusqu'à 6 mètres.

(1) Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des Affaires Étrangères par M. le Vice-consul de France à Los Angeles.
(2) *Comptes rendus*, 1863; LVI, 635.

— M. Gauldrée-Boileau (1), ancien ingénieur des mines et consul général de France au Canada, a visité les mines de cuivre d'Ascot (Haskell-Hill) d'Upton, de Saint-Flavien et de Leeds (Harvey-Hill).

Voici la description qu'il en donne d'après ses observations et d'après les renseignements qui lui ont été communiqués par le *Geological Survey* du Canada, notamment par sir William Logan.

Le minerai d'Ascot est contenu dans des schistes micacés, et le gîte cuprifère peut avoir 1m,50 d'épaisseur. C'est un calcaire associé à des roches chloritiques. Le minerai lui-même consiste en pyrite de cuivre; il renferme, en moyenne, avant d'avoir subi aucune préparation mécanique, 7 à 8 p. 100 de métal.

Les dépôts d'Upton ont beaucoup d'analogie avec ceux d'Acton; le cuivre est disséminé en amas, et en petites veines dans un calcaire magnésien qui est souvent cristallin et dont les étages supérieurs offrent les caractères d'une brèche ou d'un conglomérat.

A Saint-Flavien, le cuivre se trouve dans des veines ayant des directions très-variables, et la gangue du minerai est tantôt quartzeuse, tantôt calcaire. La roche encaissant les filons serait, d'après M. Gauldrée-Boileau, une diorite amygdaloïde qui peut avoir 400 mètres de largeur et qu'on a suivie sur une longueur de 3 kilomètres. La couleur de cette roche est quelquefois d'un gris verdâtre et d'autres fois d'un rouge brun. Les diorites sont accompagnées de lits de calcaire et d'ardoise rouge; elles ont beaucoup d'analogie avec les roches amygdaloïdes qu'on observe sur les bords du lac Supérieur; elles contiennent, comme ces dernières, des cristaux de quartz et de chaux carbonatée, ainsi que du cuivre natif. On a constaté aussi, dans les diorites de Saint-Flavien, la présence d'une matière bitumineuse qui paraît être du pétrole solidifié par l'action de l'air.

— A Leeds, les explorations géologiques ont été poussées plus loin que dans aucune autre partie du Bas-Canada. Dans la concession d'Harvey-Hill, les travaux ont pris un développement assez considérable pour qu'une compagnie industrielle ait dernièrement acheté, au prix de cinquante mille livres sterling, la huitième partie des terrains miniers. Les roches consistent en schistes micacés, très-onctueux au toucher. Le minerai de cuivre forme des filons et des couches.

(1) Dépêche du 21 octobre 1863 adressée à M. le Ministre des Affaires étrangères par M. Gauldrée-Boileau, consul général de France à Québec.

Les filons ont des directions et des inclinaisons qui ne coïncident pas avec celles du terrain. Ils sont au contraire fort irréguliers; il y en a qui courent du Sud au Nord, d'autres du Sud-Ouest au Nord-Est, d'autres enfin de l'Ouest à l'Est; leur inclinaison varie de 50 à 90 degrés. Quelques-uns ont plus de 2 mètres de largeur. Quoique les filons renferment des minerais fort riches, leur teneur en cuivre est très-inégale, en sorte qu'ils n'ont qu'une importance secondaire; il n'en est pas de même pour les couches cuprifères qui offrent un minerai moins riche, mais uniformément réparti. Ces couches sont au nombre de trois et elles contiennent de 3 à 4 p. 100 de cuivre.

La gangue du minerai est souvent formée de quartz qui se trouve quelquefois accompagné de chaux carbonatée et de chlorite. De 1858 à 1862, on a d'ailleurs expédié en Angleterre 322 tonnes de minerai ayant une teneur moyenne de 35 p. 100.

On a découvert récemment trois nouvelles mines, une de cuivre à Saint-François, près de Richmond, l'autre de plomb argentifère au sud du lac Memphremagog, et la troisième d'antimoine à Ix dans le comté de Wolff.

Plomb.

Haut-Mississipi. — On doit à M. J. D. Whitney (1) une description bien complète des gîtes de plomb si importants qui s'exploitent dans le Haut-Mississipi. C'est la galène qui constitue leur minerai et elle a rempli des fentes qui sont tantôt verticales, tantôt horizontales. Dans chacun de ces cas, son gisement offre d'ailleurs des particularités intéressantes que nous allons signaler d'après M. Whitney.

1° — Lorsque les fentes sont verticales deux subdivisions peuvent être établies suivant qu'elles ont la forme de fissures (*a*) ou de crevasses (*b*).

a. — Quand le minerai de plomb a rempli des fissures verticales il se présente en feuillets (*sheet*). Les dimensions de ces feuillets sont assez variables; cependant, leur épaisseur ne dépasse pas généralement 0m,08 et elle peut devenir microscopique. Leur longueur s'étend depuis quelques mètres jusqu'à 100 mètres environ. Leur hauteur atteint au plus de 6 à 13 mètres, en sorte qu'elle ne la

---

(1) *Report of a geological Survey of the Upper Mississipi Lead region*, by Whitney : Albany, 1862.

pas que d'être considérable si on la compare à celle qu'occupent ordinairement les minerais dans cette région.

Dans les feuillets verticaux, le minerai de plomb n'est pas accompagné par de la gangue comme dans les véritables filons ; quelquefois seulement un peu d'argile ou de matière ferrugineuse se trouvent interposées entre la galène et la roche encaissante. Près du contact, on observe aussi une légère décomposition ; toutefois, le plus généralement, cette petite salebande n'existe même pas. La chaux carbonatée spathique peut remplacer le minerai, surtout à la partie inférieure du calcaire de Galena ; mais le quartz manque entièrement. Du reste, on ne remarque pas que les parois des fissures soient striées par glissement, circonstance qui est si fréquente dans les filons. Les feuillets métallifères sont souvent rapprochés et comme groupés, en sorte qu'il est possible de les exploiter simultanément par une seule excavation. Lorsqu'ils sont ainsi accumulés sur un espace peu étendu, ils forment ce que les mineurs américains appellent *sheet-lot*, *gang of sheets*.

b. — D'après M. J. D. Whitney, le minerai de plomb s'exploite le plus généralement dans des fissures irrégulières et assez grandes qui forment des crevasses alternativement renflées et rétrécies (*Crevice*, *crevice-openings*, *pocket-openings*) ; tel est son gisement dans la partie supérieure et moyenne du calcaire de Galena. Le minerai des crevasses se distingue aussi par une particularité ; car dans les fissures, il est adhérent aux parois, tandis que dans les crevasses, il est en fragments arrondis qui sont enveloppés par de l'argile, par de la dolomie pulvérulente ou par la roche encaissante décomposée. On y trouve aussi une quantité plus ou moins grande d'oxyde de fer. En outre le lavage, peut le dégager facilement des matières boueuses au milieu desquelles il est disséminé. D'après les caractères des crevasses, il est d'ailleurs facile de voir que la roche formant leurs parois a été plus ou moins altérée.

Les crevasses ont de plus grandes dimensions horizontalement ou suivant leur largeur que verticalement ou suivant leur hauteur. Présentant quelquefois beaucoup d'irrégularités, elles se terminent à leur partie supérieure par des espèces de cheminées qui peuvent s'élever à 14 mètres. Des couches superposées de galène et des stalactites tapissent ces cheminées. A Lavin, on a même rencontré une cavité exceptionnelle qui avait 35 mètres de long sur 15 mètres de haut et autant de large.

2° — Dans la partie inférieure du calcaire de Galena, se trouvent des gîtes métallifères que les mineurs américains nomment *flat sheet*, *flat opening*. Ces gîtes ont rempli, soit des fentes, soit des

cavités, qui sont plus ou moins aplaties suivant la stratification. Ils s'allongent dans le sens horizontal et non pas, comme les premiers, dans le sens vertical. De plus, ils ont une composition minéralogique spéciale; car ils sont rarement formés de galène seule, comme dans les gîtes verticaux. Presque toujours la blende, la calamine, les pyrites accompagnent la galène qui peut ne former qu'une petite proportion de la masse totale des minerais. La chaux carbonatée y est abondante et quelquefois on trouve avec elle de la baryte sulfatée; tandis que le quartz, qui est la gangue la plus habituelle des minerais, fait entièrement défaut. Assez fréquemment, on observe, comme dans les filons, des bandes parallèles et symétriques.

A Shullsburg, des cavités irrégulières et aplaties (*flat openings*) sont tapissées par des cristaux de galène, surtout à leur partie supérieure; elles ressemblent alors aux gîtes plombeux de la Sierra de Gador, en Espagne, qui ont été décrits par M. F. Le Play.

— M. Whitney a mesuré la direction des fentes et des crevasses qui contiennent le minerai de plomb : il a constaté que dans leur ensemble elles sont à peu près parallèles dans les districts miniers les plus importants. Le tableau suivant donne, de 1852, leur direction rapportée au méridien vrai :

Noms des mines.	Direction.	Noms des mines.	Direction.
Beetown	S. 80° E	Galena	N. 85° E. à S. 85° E.
Potosi	N. 60° O.	Hazle Green	N. 85° E.
Plateville	N. 85° O.	Benton	S. [illegible] E.
Menomonee supérieur	N. 50° à 60° O.	Nouvelle mine	N. 84° à [illegible]
Monomonee inférieur	N. 83° O.	Shullsburg	S. 60° E.
Fairplay	S. 85° E. à N. 85° E.	Dodgeville	N. 10° à [illegible]
Dubuque	E. — O.	Mineral-Point	S. 50° [illegible]
Colline du Vinaigre	N. 80° O.		

La pratique a enseigné aux mineurs que presque partout il y a une tendance à la formation de deux groupes de fentes qui sont à peu près perpendiculaires; un seul de ces groupes contient le minerai de plomb, tandis que l'autre se réduit à des failles et à des fissures qui sont plus pauvres ou même tout à fait stériles. M. Whitney a reconnu que, dans la région du Haut-Mississipi où l'on exploite le plomb, les deux principaux groupes de fentes sont généralement dirigés Est-Ouest et Nord-Sud; en outre ce sont les fentes Est-Ouest qui sont surtout métallifères.

Mercure.

Vall'-Alta. — La mine de mercure de Vall'-Alta, dans les Alpes Vénitiennes, que nous avons déjà signalée précédemment à l'attention des mineurs, prend chaque jour une importance plus grande, et dès à présent sa production annuelle s'élève à 400 quintaux métriques (1). M. Luigi Thomé a dressé une carte géologique de ce gîte métallifère qui est très-compliqué, et M. G. Vom Rath (2) en a donné une description nouvelle.

Le minerai se trouve surtout dans un conglomérat talqueux qui enveloppe des fragments arrondis de gypse, de chaux carbonatée et de quartz. Des débris et des grains de cinabre parsèment cette roche; elle est aussi traversée par des veines de cinabre et de gypse. De petits cristaux de pyrite de fer s'observent souvent dans le cinabre. Sa richesse en mercure, pour les variétés riches du conglomérat, peut s'élever jusqu'à 24 p. 100. Mais le minerai de mercure n'imprègne pas seulement le conglomérat; il pénètre aussi accidentellement dans les roches voisines qui sont le grès rouge, le porphyre rouge quartzifère, le schiste talqueux, le schiste argileux noir et le gypse. Les couches du grès rouge sont reployées sur elles-mêmes et enveloppent le conglomérat métallifère (*amasso metallifero*). D'après M. Fuchs et les géologues de l'Institut géologique de Vienne, ce grès contient des bivalves, notamment Myacites elongatus, Pecten discites, Posidonomya Becheri, et il doit être rapporté à l'étage des schistes de Werfen, c'est-à-dire au grès du trias. Le muschelkalk paraît d'ailleurs manquer; mais, vers le sud du gîte, se dressent des montagnes de calcaire jurassique. C'est vraisemblablement à des phénomènes de métamorphisme et à une métallisation postérieure qu'il faut attribuer les relations complexes que ce gîte présente.

Sud de la Californie — Dans le district métallifère du Colorado, au sud de la Californie, M. le Vice-consul de France à Los Angeles (3) appelle spécialement l'attention sur une mine de mercure, découverte récemment par des Français qui l'ont nommée Eugénie en l'honneur de Sa Majesté l'Impératrice. Des essais du

---

(1) *Revue de géologie*, I, 68 et II, 108.
(2) *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, XVI, 121.
(3) Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le vice-consul de France à Los Angeles.

minerai, qui ont été faits par M. Ehrenberg, ont donné de 900 grammes à 1 kilogramme de mercure par tonne. Des morceaux choisis en ont donné beaucoup plus. Le mercure est d'ailleurs accompagné d'argent et dans certaines parties de cuivre. Le gîte métallifère présente une largeur d'environ 0^m,80; il est parfaitement indiqué à la surface du sol sur une longueur de 600 mètres, et on le distingue même à une distance de plus d'un kilomètre. Vers sa extrémité, il contient peu de cinabre; mais il donne encore 1 kilogrammes 1/2 d'argent par tonne.

Le district du Colorado dans lequel se trouve la mine Eugénie paraît appelé à quelque avenir; car il renferme en abondance une grande variété de métaux; on y exploite notamment des minerais d'or, d'argent, de mercure, de cuivre, de plomb, ainsi que des gîtes dans lesquelles ces divers métaux sont associés. Nous y reviendrons d'ailleurs un peu plus loin.

Argent.

Kongsberg. — MM. Th. Kjerulf et T. Dahll ont étudié les gîtes métallifères de Kongsberg en Norwége (1). Ils donnent d'abord quelques renseignements historiques sur ces mines qui sont exploitées depuis une époque si reculée. Pour la conduite des travaux, on s'est toujours laissé guider par cette règle constamment vérifiée et dont l'auteur est du reste inconnu, que les filons sont argentifères seulement dans les endroits où ils coupent les fahlbandes. D'après MM. Kjerulf et T. Dahll, le document le plus précis que l'on possède sur Kongsberg est le rapport fait par la commission, qui a été chargée, en 1838, d'examiner les statuts de ces mines. Une carte topographique dressée par le capitaine Manthe faisait bien connaître la position des diverses mines ainsi que l'étendue des fahlbandes; mais on n'avait pas encore de carte géologique de ce district métallifère si intéressant, et les auteurs ont cherché à combler cette lacune. Ils donnent une coupe qui est dirigée de l'Est à l'Ouest et qui passe par Johndalen (la vallée de John).

MM. Kjerulf et T. Dahll appellent l'attention sur un granite rouge et un gabbro de couleur foncée; ces formations, qui se

(1) *Ueber den Erzdistricht Kongsbergs. — Nyt Magazin f. Naturvidenskab* — Christiania, 1860.

bien distinctes, occupent de grandes étendues et n'avaient pas été signalées jusqu'ici. Dans la région granitique, il arrive souvent que le granite est accompagné par du granite gneissique (gneiss-granit), comme à Thellemark.

La limite du gabbro est quelquefois confuse par suite des modifications considérables éprouvées par les schistes dans lesquels il est intercalé; les schistes amphiboliques notamment ont perdu leur schistosité; ils sont devenus massifs et ont pris une structure grenue.

Les couches qui sont traversées par ces éruptions appartiennent aux roches stratifiées azoïques qui sont les plus anciennes de la Norwége; elles sont formées de micaschistes, de quartzites, de schistes amphiboliques et de gneiss de couleur grise; leur direction est habituellement du N. au S., et très-souvent elles ont été redressées dans une position presque verticale. Toutes ces roches métamorphiques ont été réunies sous le nom de gneiss.

La direction générale des couches suit la limite du granite; les fahlbandes et quelquefois même les filons argentifères accompagnent le gabbro.

On sait qu'on a donné le nom de fahlbandes à des bandes irrégulières tantôt très-étendues, tantôt très-étroites, qui, d'après les auteurs, proviennent, soit de l'ancien terrain stratifié azoïque, soit des éruptions desquelles il vient d'être parlé. Ces fahlbandes sont imprégnées par différents minerais, notamment par des pyrites de fer, des pyrites de cuivre et de la blende; c'est précisément ce qui fait que le plus souvent elles présentent à leur surface une couleur (*fahl*) d'oxyde de fer qui les détache en bandes bien distinctes du gneiss ordinaire. MM. Kjerulf et Dahll pensent que leur imprégnation métallifère a suivi l'éruption du gabbro, non-seulement dans le district de Kongsberg, mais aussi dans plusieurs localités de la Norwége, où des pyrites de fer et de cuivre accompagnent les masses éruptives de gabbro et de serpentine.

Les filons argentifères traversent généralement de l'Ouest à l'Est les schistes cristallins avec leurs parties imprégnées, et l'on en rencontre aussi quelquefois dans le gabbro; toutefois on n'a pas poursuivi l'exploitation des filons argentifères en dehors des fahlbandes principales.

Les filons qui sont encaissés dans le gabbro semblent être encore moins constants dans leur richesse et plus irréguliers dans leur direction; c'est ce qui explique pourquoi ils n'ont pas été exploités jusqu'ici.

On sait d'ailleurs que les minerais contenus dans les filons de

Kongsberg consistent surtout en argent natif accompagné d'argent sulfuré; leurs gangues sont le spath calcaire, la chaux fluatée, la baryte sulfatée et le quartz.

MM. Kjerulf et Dahll terminent leur travail par une classification géologique de tous les minéraux de Kongsberg; à cet effet ils les réunissent par groupes qui appartiennent respectivement aux schistes cristallins, aux roches éruptives, aux imprégnations, fahlbandes et aux filons métallifères; enfin ils indiquent encore pour les filons l'ordre de succession des gangues et des minerais.

Argent et Plomb.

San Salvador. — Il existe dans l'État de San Salvador, de l'Amérique Centrale, des gîtes d'argent qui s'annoncent comme ayant de l'importance; nous allons donner sur ces gîtes quelques renseignements qui nous ont été communiqués par M. l'ingénieur en chef Le Chatelier.

Encuentros. — Un premier district métallifère se trouve à Encuentros, à une petite distance de San Miguel. Les roches qui constituent essentiellement la contrée paraissent être trachytiques; elles se rapportent à deux types de porphyres qui sont, les uns rouge jaunâtre, et facilement décomposables, les autres gris noirâtre, ayant une texture fine et serrée. Les filons métallifères qui les traversent sont en général puissants, faiblement inclinés sur l'horizon et de directions très-variables.

Le minerai se trouve réparti d'une manière fort inégale, et il semble former des colonnes que les mineurs du pays nomment *clavos*. Il a rempli des espèces de cheminées plus ou moins distantes les unes des autres, plus ou moins inclinées dans le plan du gîte, qui sont séparées par des intervalles stériles ou de moindre richesse. La largeur de ces cheminées est d'ailleurs très variable; tantôt elle ne dépasse pas celle du puits qu'on perce suivant le filon pour les exploiter; tantôt comme à Mina Vieja de Tabanco, elle s'étend sur 200 mètres. D'après leur composition minéralogique, les filons du district métallifère d'Encuentros se divisent naturellement en deux groupes.

Les premiers ont une gangue de quartz et contiennent plus ou moins de pyrite de fer ainsi que du sulfure d'argent qui est associé à une petite quantité d'or.

Les seconds sont beaucoup moins nombreux; leur minerai est

galène argentifère accompagnée parfois d'or natif, notamment dans les parties voisines de la surface. Leur gangue consiste en quartz, en calcaire spathique, et elle est accompagnée de pyrite de cuivre, de pyrite de fer, ainsi que de blende.

Parmi les mines de ce premier groupe nous citerons surtout Virginia, Mina Grande, Socorro, Pique de la Señora et la Perla. Leur teneur en argent est très-variable : à Virginia, elle est en moyenne de 140 grammes par quintal métrique de minerai broyé; à Mina Grande, de 120 grammes; à Socorro, de 90 grammes, et sur certains points de 690 grammes; à Pique de la Señora de 150 grammes; à la Perla, de 100 grammes.

Parmi les mines du deuxième groupe, il y a le Corozal et la Feliciana. Au Corozal on a, d'après M Droz, un filon de galène argentifère, qui affecte la structure en chapelet et qui présente une épaisseur variant de 0^m,75 à 3 mètres. Il contient de la blende, de la pyrite de fer, de la pyrite de cuivre, de la malachite, de l'azurite ainsi que du quartz et de la chaux carbonatée spathique. Il paraît aussi renfermer du cuivre gris; en outre, de l'or s'observe dans les terres ocreuses de la surface qui forment son chapeau. La teneur du minerai en argent est environ de 150 grammes. A la Feliciana les caractères du minerai sont à peu près les mêmes, et sa teneur en argent se réduit à 100 grammes.

Tabanco — Un second district métallifère de l'État de San Salvador présente également de l'importance; c'est celui du Tabanco. Ses mines se trouvent à 14 lieues du port de La Union, le principal du centre de l'Amérique, et à une distance un peu moindre de San Miguel. Le climat y est salubre et la température moyenne de 25°. On y trouve des ressources suffisantes en main-d'œuvre, combustibles et matériaux de construction.

Le gisement et la constitution géologiques sont à peu près les mêmes qu'aux Encuentros.

Les filons métallifères du Tabanco se rapportent à deux directions principales.

La première E.-O. correspond aux filons qui sont les plus riches et qui ont en même temps la composition minéralogique la plus complexe. Elle comprend les filons suivants :

Dolorès	N. 103° O.	Le Pochote	N. 80° O.
La Rosalie	N. 100° O.	Le Goyavo	N. 80° O.

La deuxième direction N.-O est plus récente que la précédente et comprend les principaux filons croiseurs. C'est à elle que se rapportent :

Le Portillo. . . . . N. 45° O.
La Calle. . . . . N. 48° O.
Esquipulas. . . . . N. 51° O.

M. Droz signale encore une troisième direction N. 70° O, intermédiaire entre les deux précédentes. Le filon Mina-Vieja qui lui appartient est le plus riche, et par sa composition minéralogique il se rattache d'ailleurs au premier groupe.

Le plus habituellement ces divers filons contiennent des minerais d'argent associés à de la pyrite de fer et à du quartz. Dans certains cas, ils renferment aussi de la galène, du cuivre pyriteux et de la blende. La galène se montre, par exemple, aux mines Achote et Rosalie. De même qu'aux Encuentros, la plupart des minerais sont aurifères et de plus ils sont concentrés suivant des ch[illegible]

Enfin, à l'exemple de ce qui s'observe dans d'autres districts métallifères, les minerais présentent quelquefois un enrichissement très-notable près du croisement des filons.

La teneur des minerais en argent se montre très-variable; à la mine Rosalie, elle est habituellement de 150 grammes pour 100 kilogrammes; sur quelques points, cependant, elle s'est élevée [illegible] même à 2 pour 100.

— En résumé, les districts métallifères des Encuentros et de Tabanco, dans l'État de San Salvador, sont très-riches et encore peu explorés, mais ils sont susceptibles d'être exploités avec chances de succès. Ils fournissent des minerais d'argent et de plomb argentifère qui par leur composition minéralogique ainsi que par leur gisement, ont une grande analogie avec ceux du Mexique.

Or.

Nous avons déjà résumé précédemment les principaux faits géologiques relatifs aux gîtes aurifères (1); nous allons chercher à les compléter cette année par des documents nouveaux dont plusieurs émanent des Agents Consulaires de France.

Gard. — Quelques lavages d'or viennent d'être essayés dans le département du Gard, où l'on trouvait autrefois des paillettes atteignant 3mm,5 (2), et voici les renseignements que donne à ce sujet M. L. Simonin (3) qui vient de les visiter :

(1) *Revue de géologie*, I, 74; II, 114.
(2) Victor Raulin : *Patria*. 394.
(3) Lettre de M. Simonin.

« Les placers du Gard, exploités de toute antiquité par les Gaulois, après eux par les Romains, puis par les seigneurs du moyen âge, étaient à peu près entièrement délaissés depuis la découverte de l'Amérique.

« Récemment, on a tenté de reprendre les travaux de lavage des alluvions aurifères avec les méthodes perfectionnées de Californie et d'Australie, et de faire ainsi concurrence aux rares orpailleurs qui continuaient dans le Gard cette industrie autrefois florissante.

« L'or se rencontre en paillettes dans les sables roulés par la Gagnière et dans ceux que charrie la Cèse en aval de son confluent avec la Gagnière. Le gîte existe en place dans le conglomérat du terrain houiller, au nord du département du Gard, dans sa limite avec l'Ardèche, vers Bordezac. Le conglomérat est formé de débris de quartz et de schiste micacé reliés par un ciment argilo-schisteux. C'est dans le ciment seul que réside l'or. Par le lavage, on isole des paillettes libres, auxquelles se mêlent quelquefois une poudre noire de fer oxydulé magnétique et des grains de zircon ou de grenat.

« La journée moyenne d'un orpailleur, même après les pluies d'orage, ne dépasse guère 2 francs Par moment, des trouvailles inespérées permettent d'atteindre 15 francs. L'habileté des orpailleurs cévénols est remarquable, et ils peuvent lutter d'intelligence avec les meilleurs laveurs mexicains et chiliens, qui ont étonné la Californie Comme eux, ils emploient uniquement la *batée* ou vaste sébile de bois. D'autres fois, quand les sables sont très-pauvres, ils font usage d'une petite table inclinée munie d'une toile sur laquelle ils lavent les sables. Il reste à peine aujourd'hui quelques laveurs d'or qui, de père en fils, se sont transmis, dans le Gard, les procédés délicats de cette industrie.

« Autrefois, s'il faut en croire les énormes tas de déblais qui existent çà et là dans la contrée, le travail des orpailleurs a dû être considérable. »

Nouvelle-Zélande. — Des gisements d'or qui s'annoncent comme étant d'une grande importance commencent à être exploités dans la Nouvelle-Zélande, cette colonie anglaise dont le développement est encore si récent. M. W. Lauder Lindsay (1) a exploré ces gisements, desquels il a donné une description.

A Otago, l'or accompagne du quartz qui est intercalé dans des schistes métamorphiques, particulièrement dans du gneiss, du

(1) *Report of the British Association.* — Cambridge, 1862; 77.

micaschiste, du schiste talqueux, chlorité ou argileux. Jusqu'à présent, on n'a pas trouvé de fossiles dans ces schistes qui sont vraisemblablement siluriens. Ils ressemblent d'ailleurs à ceux des Grampians, en Écosse, et ils ont été traversés et disloqués par des roches trappéennes.

Les vallées ont été ouvertes dans les schistes; elles sont en partie remplies par un dépôt ligniteux, qui est lui-même recouvert par un dépôt de transport dans lequel l'or est exploité.

Le dépôt ligniteux, qui se trouve à la base, est sans doute tertiaire; il consiste principalement en cailloux de quartz cimentés par de l'oxyde de fer; il est accompagné de lits minces d'argile, de sable et de gravier. Sa hauteur au-dessus du niveau de la mer peut dépasser 300 mètres.

Le dépôt de transport, qui est supérieur, se compose: 1° d'argile bleue, jaune ou rouge; 2° d'argile avec cailloux (boulder clay); 3° de graviers ou de débris schisteux (chopped slate) qui proviennent de la destruction des schistes environnants. C'est dans les graviers que se fait surtout l'exploitation. L'or y est du reste accompagné par l'isérine, la pyrite de fer, le mispickel, l'oxyde d'étain, la topaze bleue ou incolore et le grenat.

A Auckland, à Nelson et sur d'autres points de la Nouvelle-Zélande, on trouve aussi des gisements aurifères qui ne diffèrent pas essentiellement de ceux d'Otago; cependant M. Lauder Lindsay observe que les schistes y sont plus argileux et que le quartz aurifère qui les traverse s'y montre développé sur une étendue beaucoup plus grande. A Taranaki, on remarque que l'isérine est très-abondante. Enfin, des trachytes, des tufs, des basaltes et diverses roches volcaniques ont fait éruption dans la presqu'île de Coromandel.

Au 31 mars 1862, la valeur de l'or extrait de la Nouvelle-Zélande atteignait déjà un chiffre élevé :

Provinces.	Valeurs. Livres sterling.	
Otago.	1.393.600	1.575.513
Nelson.	180.541	
Auckland.	1.372	

D'après les recherches de M. Lauder Lindsay, la production de l'or dans la Nouvelle-Zélande pourrait être augmentée de beaucoup et même le champ qui lui est ouvert semble en quelque sorte illimité. Dès qu'on exploitera le quartz aurifère, cette production tendra d'ailleurs à se régulariser et alors elle entrera dans la phase où elle se trouve déjà en Australie et en Californie.

Sud de la Californie. — Les mines d'or si célèbres et si importantes de la Californie sont surtout exploitées dans le Nord de cet État, mais les explorations qui ont été faites dans ces dernières années vers le Sud, en se rapprochant de la Sonora et du Mexique, ont amené la découverte de nouveaux gisements métallifères d'une grande richesse. Déjà quelques indications ont été données dans cette Revue sur ceux de mercure, de cuivre, d'argent, et nous allons encore faire connaître d'un manière sommaire quelques gisements d'or qui sont signalés dans un rapport adressé à M. le Ministre des Affaires Étrangères par M. le Vice-consul de France à Los Angeles.

Les nouveaux placers se trouvent entre le 32° et le 35° degré de latitude Nord; ils s'étendent depuis la base Est de la Sierra-Nevada et de la Sierra de San-Bernardino, jusqu'à l'extrémité Est du désert, près des montagnes Rocheuses, dans le Nouveau-Mexique.

Au Nord de Los Angeles, à une distance d'environ 13 milles, se trouvent les anciens placers du canon ou de la vallée profonde de San-Gabriel; on les exploite depuis plus de vingt-cinq ans, mais ils sont loin d'être épuisés; quelques mineurs y travaillent encore et récoltent de l'or pour une valeur de 10 à 20 francs par jour.

Les anciens placers de San-Fernando et de San-Francisquito sont situés à quelques milles plus au nord; ils ont été découverts en 1840; on continue d'y travailler pendant l'hiver ou pendant la saison des pluies.

Des explorations ont été faites récemment dans le désert qui est situé à l'extrémité de la vallée de la Soledad, au delà d'une prairie très humide, le Big-Meadow. Au milieu d'espaces arides, privés d'eau et de végétation, on a rencontré des mines d'or et d'argent qui paraissent importantes et d'une richesse à rivaliser avec les mines les plus renommées de la région métallifère du nord.

Chaîne de San-Bernardino. — A l'Est de Los Angeles, plusieurs mines d'or sont en exploitation; elles se trouvent toutes sur les versants Est et Ouest de la chaîne de San-Bernardino, ainsi que dans les contre-forts de l'immense montagne de ce nom. Les principales sont celles de la vallée de Hol-Combe, qui sont situées sur le versant Est de la montagne. Plus loin, dans le désert, il y aussi la mine d'or dite Amargoza, découverte vers 1845. Toutes ces mines semblent promettre de bons résultats.

Colorado. — Au Sud-Est de Los Angeles se trouvent les mines du Colorado. Elles sont situées sur les deux rives de ce fleuve et s'étendent au dessous du fort Yama jusqu'au canon Eldorado sur une distance d'environ 300 milles. Un établissemeut a été formé par

des mineurs mexicains, près du fleuve et à quelques lieues au Nord-Est du fort Yuma.

Pays des Indiens Apaches. — De nouveaux placers viennent encore d'être découverts environ à 160 kilomètres à l'Est de La Paz, à l'entrée des hautes montagnes qui séparent l'Arizona du désert, et qui terminent le grand bassin vers le Sud. On leur attribue une grande richesse.

— La route à parcourir pour atteindre les nouveaux placers de la Californie, desquels il vient d'être question dans cette notice, est longue, difficile et surtout très-pénible en été. Il convient de se rendre de Los Angeles à la Paz; on suit alors la rivière jusqu'à Williams Fork, d'où l'on se dirige ensuite vers l'Est-Sud-Est en traversant une région où l'eau manque absolument sur une distance de 50 kilomètres. On peut aussi aller de La Paz directement à l'Est et alors la distance n'est guère que de 130 kilometres; mais, sur cette voie, on ne trouve pas d'eau pendant huit mois de l'année. Enfin, on s'y rend aussi par la Sonora et par Tueson, et bien que cette dernière route soit beaucoup plus longue, elle est relativement assez facile.

Haut-Canada. — L'attention a déjà été appelée sur les gîtes aurifères du Haut-Canada, et notamment sur ceux de la rivière Saskatchewan, qui coule sur le versant des montagnes Rocheuses opposé à celui de la célèbre rivière Frazer (1). Voici de nouveaux renseignements que nous empruntons à M. Gauldrée-Boileau (2), consul général de France à Québec.

« Pendant l'été de 1862, le territoire de la baie d'Hudson a été traversé par des voyageurs qui se rendaient des colonies anglaises de l'Est dans celles de l'Ouest; et leurs récits, dit M. Gauldrée-Boileau, viennent confirmer l'existence de gisements aurifères sur les bords de la Saskatchewan. Les journaux du Haut-Canada ont d'ailleurs reproduit des lettres écrites par des personnes dignes de confiance, dont les opinions diffèrent sur la facilité des communications entre le Canada et la Colombie, mais qui s'accordent toutes à reconnaître que l'or se trouve sur les deux versants des montagnes Rocheuses, aux sources de la Saskatchewan comme à celles de la rivière Frazer. La Saskatchewan, qui se jette dans le lac Winnipeg

(1) *Annales des mines*, 1863; III, 482. — Documents fournis par M. Gauldrée-Boileau et par la Commission géologique du Canada.

(2) Extrait d'une lettre adressée le 19 janvier 1863 à S. Exc. le Ministre des affaires étrangères par M. Gauldrée-Boileau, consul général de France au Canada.

peg, prend naissance sur les pentes des montagnes Rocheuses. Les sources de cette rivière ne sont pas éloignées de celles de l'Athabasca, qui se dirige vers le N.-O. de la Columbia et du Frazer, qui versent leurs eaux dans l'océan Pacifique. L'or a du reste été découvert dans les deux vallées de la Columbia et du Frazer. Les fameux placers de Cariboo sont situés dans un coude que forme le Frazer, qui, à sa sortie de Cowdung-Lake, commence par couler vers le N.-O., parallèlement aux montagnes Rocheuses, puis s'infléchit vers l'Ouest et finit par se tourner vers le Sud. Toute cette région est montagneuse; elle est couverte de ruisseaux et de lacs. Les sources du Frazer et celles de l'Athabasca se touchent en quelque sorte. La Saskatchewan et la Columbia prennent naissance un peu plus au Sud, mais dans des circonstances analogues et au milieu de terrains qui paraissent identiques. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que l'or se montre à l'Est comme à l'Ouest des montagnes Rocheuses; ce serait le contraire qui devrait plutôt nous surprendre.

« L'Athabasca, qui s'est frayé un passage à travers les mêmes roches que le Frazer, roule probablement aussi de l'or, bien qu'on n'en ait pas encore extrait de son lit. Quant à la Saskatchewan, on l'a explorée, *prospected*, suivant l'expression des mineurs anglais; et quoiqu'on n'ait employé jusqu'à présent que des instruments fort grossiers, on a pu reconnaître qu'un ouvrier intelligent réaliserait facilement dans sa journée un gain de 10 à 15 piastres. Ce serait peu de chose, si l'on prenait pour terme de comparaison les mines de Cariboo, dont la richesse a sans doute été exagérée, mais est néanmoins fort grande. On n'a d'ailleurs exploré la Saskatchewan que sur un petit parcours, et l'on s'est tenu dans le voisinage du fort Edmonton, qui se trouve à une distance assez considérable des sources de la rivière. On est en droit de présumer qu'en se rapprochant des montagnes Rocheuses, on rencontrera des placers où le précieux métal sera plus abondant. »

Nouvelle-Écosse. — L'or a été découvert en 1860 sur plusieurs points de la Nouvelle-Écosse, et M. O. C. Marsh (1) a fait connaître ses caractères ainsi que son gisement. Ses cristaux se rapportent quelquefois à des octaèdres ayant des faces légèrement courbes. L'un d'eux, assez gros, était un dodécaèdre rhomboïdal avec un biseau peu prononcé sur les arêtes. Voici les résultats obtenus pour deux échantillons provenant : (I) de Tanger, (II) de Lunenbourg :

(1) *L'Institut*, n° 1497, 10 septembre 1862 ; 799.

	Densité.	Au	Ag	Cu	Fe	Somme.
I.	18,95	98,13	1,76	0,05	traces.	99,94
II.	18,37	92,04	7,76	0,11	traces.	99,91

A Tanger, qui est à 67 milles à l'Est d'Halifax, l'or se trouve dans des veines de quartz dont l'épaisseur reste généralement inférieure à $0^m,30$. Il est accompagné de mispickel et de pyrite de fer qui est très-aurifère. Il y a aussi un peu de chalcopyrite, de la pyrite magnétique, de l'hématite et de la galène.

A Lunenbourg, qui est distant de Tanger de 130 milles, le gisement est encore le même. Sur le rivage, la mer opère un lavage naturel de l'or, en sorte qu'on le récolte sur la tranche du schiste qui est creusé par les vagues. D'après M. J. W. Dawson, c'est vraisemblablement au terrain silurien inférieur qu'il faut rapporter les roches schisteuses et métamorphiques qui contiennent l'or dans la Nouvelle-Écosse; ces roches forment d'ailleurs toute la côte Atlantique.

Or et Argent.

Pont-Vieux. — Des indications relatives aux filons de jamesonite auro-argentifère de Pont-Vieux, dans le Puy-de-Dôme, nous ont été transmises par M. L. Simonin (1).

« Les filons sont au nombre de cinq, dirigés N.-E., S.-O. avec pendage vers le S.-E. Leur puissance est moyennement de $0^m,30$ entre les salbandes, et le minerai se trouve disséminé assez irrégulièrement. Le gîte est renfermé dans un terrain de gneiss.

« Le sulfure d'antimoine plombeux ou jamesonite, la blende, la pyrite de fer, le peroxyde de fer hydraté et terreux qui se rencontrent au cœur des filons ou sur les épontes sont tous aurifères et argentifères. D'après un essai fait depuis longtemps par M. Berthier, la teneur en argent et en or de la jamesonite serait de [illegible] grammes aux 100 kilogrammes. M. Baudin trouvait plus tard $100^g,7$ d'argent et $7^g,4$ d'or.

« La difficulté du traitement métallurgique de ces minerais et leur pauvreté relative en métaux précieux a retardé jusqu'ici leur exploitation. Ils méritent cependant d'être signalés à l'attention des géologues à cause de la ligne même que suit leur direction. L'orientation N.-E., S.-O. marque en effet pour toute l'Auvergne une ligne métallifère très-importante passant entre autres par Pontgibaud. M. Fournet, qui l'a le premier signalée et suivie [illegible]

(1) Lettre de M. L. Simonin.

attentivement prolonge même cette direction en deçà et au delà de l'Auvergne; il jalonne sur cette grande fente une série de gîtes connus, depuis ceux de la Norwége et de la Prusse Rhénane, jusqu'à ceux des Pyrénés, du Sud-Ouest de l'Espagne, et même du Maroc ainsi que du Sénégal. »

Sud de la Californie (1). — Il existe des mines d'argent et d'or près de la Mission de San-Gabriel, au nord de Los Angeles; mais en ce moment leur exploitation est suspendue.

Les mines d'argent et d'or del Paso peuvent être considérées comme des plus importantes parmi celles qui ont été découvertes dans ces derniers temps en Californie. Les îlots métallifères del Paso sont situés à environ 160 kilomètres du Big Meadow. A 130 kilomètres plus loin se trouvent les mines de Slate Range qui sont beaucoup plus nombreuses et également très-riches.

Les exploitations des mines de Coso et du lac Orven qui sont situées plus loin au Nord ont été interrompues à plusieurs reprises et le sont encore en ce moment à cause des hostilités des Indiens.

Les mines d'argent sont également très-nombreuses au Colorado, dans la région comprise entre le fort Yama et Black Canon.

Des essais de ces derniers minerais qui ont été faits à San Francisco ont donné dans certains cas des résultats extraordinaires; car quelques échantillons ont rendu depuis 15.000 francs jusqu'à 100.000 francs d'argent et d'or par tonne. Toutefois aucun travail sérieux n'a encore été entrepris dans ces mines. Il faut sans doute l'attribuer à la grande difficulté des moyens de transport et de communication. En effet, du port de San Pedro au Colorado, il y a une traversée par terre de plus de 450 kilomètres, dont plus de 80 au milieu d'un désert aride. Par mer, la distance est aussi très-considérable; de plus, la navigation du golfe de Californie, quand il faut remonter jusqu'à l'embouchure de la rivière Colorado, devient très-difficile et même dangereuse dans certaines saisons.

---

(1) Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des Affaires Étrangères par M. le Vice-consul de France à Los Angeles.

ASSOCIATION DES MINÉRAUX.

Enveloppement des minéraux. — Pour rechercher l'origine des roches et apprécier les conditions dans lesquelles elles se sont formées, il est utile de connaître quels sont les minéraux qui s'enveloppent mutuellement ; comme les années précédentes, nous résumerons donc les publications relatives à ce sujet.

M. G. vom Rath (1) et M. Vogel ont étudié une astérie présentée par le mica de South-Burgess au Canada. Ce phénomène paraît devoir être attribué à des cristaux microscopiques de disthène ; ces derniers sont enveloppés par le mica dans lequel ils se croisent sous l'angle de 120° et quelques-uns sous l'angle de [illegible]

— Le gypse, de même que la chaux carbonatée de Fontainebleau, peut envelopper une proportion très-grande de sable quartzeux. C'est, par exemple, ce que M. Ludovic Ville a constaté [illegible] d'Ouargla. D'énormes cristaux de gypse empâtent également [illegible] sable à Tuggurt et dans l'Oued-Souf. D'après M. Vatonne (2), [illegible] atteignent des dimensions encore plus grandes aux environs de Ghadamès, où ils paraissent d'ailleurs s'être formés dans le [illegible] d'un lac qui se serait desséché. La proportion de sable quartzeux contenue dans ces divers cristaux de gypse peut s'élever à [illegible] et même jusqu'à 60 p. 100. Ajoutons enfin que, dans les environs de Paris et sur sa rive droite on rencontre quelquefois, dans les [illegible] qui atteignent l'étage des sables moyens, des cristaux maclés de gypse enveloppant beaucoup de sable quartzeux ou d'argile [illegible]

— Les minéraux de Russie, qui sont souvent bien cristallisés et qui atteignent de grandes dimensions, présentent quelque facilité pour l'étude de l'enveloppement. M. Söchting (3) vient de réunir plusieurs faits qui les concernent, soit d'après ses observations, soit d'après celles de divers minéralogistes, notamment de MM. [illegible] Rose, Kenngott, Nordenskiöld, de Kokscharow ; nous les avons résumés dans le tableau suivant où les minéraux sont rangés d'après le système de classification de M. J. Dana :

(1) *Monatsbericht d. K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 20 oct. [illegible]
(2) *Mission de Ghadamès,* 1862 ; 275.
(3) *Mineralogische Gesellschaft zu Saint-Petersbourg,* 1859-1860.

MINÉRAL ENVELOPPANT.	MINÉRAL ENVELOPPÉ.
Galène.	Or, quartz.
Pyrite magnétique.	Pyrite de fer.
Pyrite de fer.	Or, chaux carbonatée.
Chaux fluatée. . . .	Stromeyerine, émeraude, tourmaline.
Fer titané.	Mica, chaux phosphatée.
Quartz.	Or, pyrite de cuivre, chaux fluatée, rutile, gœthite, quartz, amphibole (amianthe, bissolite, grammatite, actinote), émeraude, tourmaline, calamine, mica, plomb molybdaté.
Chrysoprase. . . .	Mica.
Actinote.	Pyrite de cuivre.
Emeraude.	Mispickel, chaux fluatée, émeraude, mica, tourmaline.
Phénakite.	Cymophane (alexandrite), émeraude.
Grenat.	Chaux fluatée, quartz, mica, grenat.
Zircon.	Mica, zircon.
Idocrase.	Grenat, idocrase.
Paranthine.	Pyrite magnétique, pyrite de fer, pyroxène (augite), amphibole, sphène.
Epidote (Pistazite).	Orthite.
Mica.	Rutile.
Sodalite.	Pyrite de fer.
Albite.	Mica.
Feldspath.	Quartz, mica, urano-tantale.
Topaze.	Quartz, tourmaline, wolfram.
Tourmaline.	Fer oxydulé, mica, tourmaline, rhodizite.
Æschynite.	Feldspath, zircon.
Vanadinite.	Pyromorphite.
Plomb chromaté. . .	Quartz.

Près de Miask M. G. Rose a observé un noyau d'amphibole hornblende dans l'intérieur d'un cristal d'augite.

Des débris inorganiques qui sont indéterminables se rencontrent quelquefois dans le lazulite, la kokscharowite, la sodalite (lazurstein), la paralogite.

Les résultats obtenus pour ces minéraux de la Russie viennent confirmer ceux qui ont été observés précédemment pour les minéraux d'autres pays (1).

PSEUDOMORPHISME.

Lorsqu'une substance conserve sa forme primitive, bien qu'elle soit plus ou moins modifiée dans sa composition et même entièrement remplacée par une autre substance, il se produit ce que l'on peut appeler un pseudomorphisme.

Ce phénomène a souvent lieu sur une grande échelle, comme

(1) *Annales des mines*, 1859, XVI, 317. — Recherches sur les pseudomorphoses. — *Revue de géologie*, I, 84, et II. 68.

(2) *Annales des mines* 1859; XVI, 317. — *Revue de Géologie*; I, 84.

l'a surtout fait remarquer M. G. Bischof, et par conséquent son étude est importante pour la géologie. Il s'observe non-seulement dans les minéraux, mais encore dans les débris de corps organisés, animaux ou végétaux, qui se trouvent enfouis dans le sein de la terre. En un mot, il embrasse les substances inorganiques et les substances organiques. Nous donnons ici sous forme de tableau un résumé des divers pseudomorphismes qui ont été étudiés dans ces derniers temps (1). La disposition adoptée est celle suivie déjà dans nos recherches à ce sujet (2); elle fait bien voir comment les minéraux pseudomorphiques et pseudomorphosés se répartissent dans les différentes familles; elle permet aussi d'embrasser immédiatement tous les effets du pseudomorphisme.

---

(1) Breithaupt : *Berg und Huettenmænnische Zeitung*; 1863, 105. — *Jahresbericht über die Forschritte der Chemie*, von Hermann Kopp und Heinr. Will. 1862. — *American Journal*, XXXIII, 190, etc.

(2) Delesse : *Recherches sur les pseudomorphoses*. — *Annales des Mines* 1859; XVI.

MINÉRAL PSEUDOMORPHIQUE.	SUBSTANCE ORIGINAIRE.	GISEMENT ET COMPOSITION.	OBSERVATEURS.
Or.	Aïkinite.	Géorgie.	F. A. Genth.
Cuivre.	Chaux carbonatée.	Amygdaloïdes du lac Supérieur.	Breithaupt.
Cuivre sulfuré.	Galène.	Mine de Canton en Géorgie.	F. A. Genth.
Tenorite.	Cuivre oxydulé.	Mines de cuivre du lac Supérieur.	Breithaupt et Brush.
Étain oxydé.	Orthose.	A Balleswidden, en Cornouailles, les cristaux pseudomorphiques d'orthose contiennent : SnO^2...45 ; SiO^2...44 ; Al^2O^3...11.	Pearce.
Quartz fibreux.	Gypse fibreux.	Dans des cavités laissées par la pyrite, au milieu des schistes micacés et dévoniens de Recht (Eifel).	G. Tschermak.
Opale.	Nephéline.	A Elbingerode, au Hartz, dans une roche, associée à un porphyre qui est fortement décomposée et pénétrée d'opale.	*Id.*
Id.	Pyroxène augite.	*Id.*	*Id.*
Quartz	Chaux carbonatée.	Dans une amygdaloïde de Zwickau, en Saxe.	*Id.*
Id.	Anhydrite.	Bois de l'Hôpital, près Freiberg ; Cazal en Portugal ; Caroline du Sud en Amérique.	Breithaupt.
Fer oligiste.	Péridot.	Dans une dolérite grise et décomposée de Caltonhill, près Édimbourg.	G. Tschermak.
Fer oxydulé.	Pyroxène augite.	Dans la néphélinite de Meiches, dans le Vogelsberg.	*Id.*
Gœthite.	Pyrite de fer.	A la mine de zinc Puente Arce, aux environs de Santander.	Sullivan et O'Reilly.
Limonite.	Pyrite magnétique.	Sauberg, près Ehrenfriedersdorf.	Breithaupt.
Id.	Fer spathique (oligonspath).	*Id.*	*Id.*
Epidote.	Orthose, oligoclase, labrador, ouralite.	.....	Blum.

MINÉRAL PSEUDOMORPHIQUE.	SUBSTANCE ORIGINAIRE.	GISEMENT ET COMPOSITION.	OBSERVATEURS.
Mica.	Pinite (Dichroïte).	Dans une roche contenant de l'orthose et du quartz de Greinburg, en Autriche. Analyse : SiO^3 44,94 ; Al^2O^3 24,90 ; Fe^2O^3 13,18 ; MgO 2,64 ; RO 8,94 ; NaO 2,06 ; Perte au feu 2,74 ; Somme 99,40	Haidinger et K. von Hauer.
Mica vert.	Dichroïte.	Dans la pegmatite de Blötze, en Bavière.	H. Heyman.
Id.	Chaux carbonatée.	Lac Supérieur.	Breithaupt.
Mica blanc.	Andalousite.	Dans la pegmatite de Blotze, en Bavière.	H. Heyman.
Hydrosilicate non défini.	Pyroxène.	En gros cristaux doux au toucher, qui sont enveloppés dans le calcaire du lac Supérieur. — Analyse : SiO^3 56,52 ; Al^2O^3 20,49 ; FeO 2,67 ; CaO 0,93 ; MgO 5,94 ; KO 3,88 ; NaO 3,32 ; HO 7,40 ; Somme 101,15	Des Cloizeaux et Pisani.
Serpentine.	Asbeste.	Du Texas.	Genth.
Serpentine fibreuse (Chrysotil).	*Id.*	De la Providence, comté Delaware.	*Id.*
Id.	Diallage (bronzite).	De Marble, comté Delaware.	*Id.*
Id.	Actinote.	*Id.*	*Id.*
Baryte sulfatée.	Dolomie.	A la mine Émilie, aux environs de Santander.	Sullivan et O'Reilly.
Gypse.	Boronatrocalcite.	A Iquique, au Pérou. Analyse : Boronatrocalcite 22,96 et gypse 77,46	Kraut.
Plomb sulfaté hydraté.	Anglesite.	Alicante, en Espagne.	Breithaupt.
Chaux phosphatée.	Bois.	Dans la craie chloritée de l'île de Wight. — Analyse : HO [illegible] ; Mat. organiques [illegible] ; Sable 4,40 ; CaO [illegible] ; MgO [illegible] ; PO^5 [illegible] ; Fl 8,90 ; SiO^3 [illegible] ; Ox. de fer et perte [illegible] ; Somme [illegible]	Phipson.

MINÉRAL PSEUDOMORPHIQUE.	SUBSTANCE ORIGINAIRE	GISEMENT ET COMPOSITION.	OBSERVATEURS.
Chaux carbonatée	Soufre	A Ghibesa, près Girgenti en Sicile	Breithaupt.
Id.	Pyroxène augite	Dans un porphyre augitique décomposé de Tökörö, en Transylvanie	Tschermack.
Id.	Bois	Dans un puits de la saline de Bochnia. — Analyse : CaO,CO^2 87,33; CaO,SO^3 1,38; MgO,CO^2 0,80; $BaO\ CO^2$ 0,13; MnO,CO^2 0,31; $2CaO,PO^5$ 0,16; $2Al^2O^3,PO^5$ 0,93; $NaCl$ 0,71; KCl 0,03; $LiCl$ traces; $2Fe^2O^3,3HO$ 1,38; SiO^2 3,68; Matières organiques 1,53; HO 0,96; Somme 99,38	De Zepharovich, Czyrnianski.
Dolomie	Aragonite	Kolosoruk, près Bilin en Bohême	Breithaupt.
Fer spathique	Anhydrite	Mine Virtuous Lady en Cornouailles	*Id.*
Smithsonite	Blende	A la mine Puente Arce, aux environs de Santander	Sullivan et O'Reilly.
	Chaux carbonatée	A Merodio, aux environs de Santander	*Id.*
Plomb carbonaté	Baryte sulfatée	Dans les fentes d'un grès bigarré de Bleiberg, dans l'Eifel	Noeggerath.
Malachite	Gypse	Steppe Kargalinsk, dans le gouvernement d'Orembourg	Breithaupt.
Azurite	Cuivre gris	Saalfeld	*Id.*
Id.	Cuivre oxydulé	Chessy	*Id.*
Azurite et malachite	Bois	De marnes ligniteuses appartenant probablement au Jura brun et aussi de Sisserk, dans l'Oural	*Ip.*

Nous ferons observer qu'il est quelquefois très-difficile de constater s'il y a réellement pseudomorphisme d'un minéral par un autre ou bien au contraire un simple enveloppement.

L'incertitude est surtout très-grande quand il s'agit de deux silicates. Ainsi, il arrive assez souvent que des feldspaths soient fortement imprégnés par de l'épidote, comme on l'observe notamment dans le porphyre de Quenast (1); cet épidote s'est formé postérieurement au feldspath et probablement même en partie à ses dépens. Mais c'est seulement lorsqu'un minéral a été complétement remplacé par un autre que l'on doit admettre l'existence d'un pseudomorphisme. Or cette condition nécessaire ne nous a pas paru remplie. Elle ne l'était pas non plus dans divers échantillons que nous avons eu l'occasion d'examiner et qui étaient considérés comme démontrant le pseudomorphisme de la dichroïte en mica. Nous ajouterons toutefois, que d'après les échantillons qu'ils ont étudiés, MM. Blum et Haidinger pensent que la dichroïte ainsi que l'andalousite peuvent être complétement changées en micas.

— Quant aux fedspaths contenant de l'eau, tels que ceux qui forment le porphyre vert antique, l'euphotide, le mélaphyre, le basalte, nous ne les avons pas fait figurer sur le tableau; car il ne nous paraît pas qu'on doive les considérer comme étant altérés par pseudomorphisme. Toutes les recherches que nous avons faites sur ce sujet indiquent au contraire que leur eau est bien originaire et de combinaison (2).

— Le nom d'Harrizite avait été donné prématurément à une substance minérale considérée comme nouvelle, qui provenait de la mine de Canton en Géorgie; mais, d'après M. F. A. Genth, ce serait tout simplement un mélange de cuivre sulfuré avec de la galène, le premier minéral ayant en partie pseudomorphosé le second.

— M. Tamnau a signalé du fer carbonaté lithoïde (sphérosidérite) qui se trouve en amas dans une argile grise et qui s'exploite à Ponoschau dans la Haute Silésie. Les fissures et les cavités du minerai sont remplies par du fer carbonaté spathique formant une croûte qui s'est modelée sur des rhomboèdres, maintenant complétement vides. Comme le fait remarquer M. Tamnau, il est vraisemblable que ces rhomboèdres proviennent de cristaux de dolomie ou de braunpath qui auront été détruits et pseudomorphosés par du fer carbonaté spathique.

---

(1) Delesse. Porphyre de Quenast. — *Bulletin géologique* [2], VII, 310.

(2) *Bulletin géologique*. 1849, VI, 393, et Recherches sur l'origine des roches. *Id.*, 1858; XV, 728.

— Le doyen des minéralogistes, M. le professeur A. Breithaupt, continue avec une grande activité ses recherches sur le pseudomorphisme, comme on peut le voir par le tableau précédent. A l'occasion de ses dernières recherches, M. Breithaupt observe que l'anhydrite a dû se former fréquemment dans les filons ; car des cristaux d'anhydrite sont souvent pseudomorphosés par le quartz ; ils le sont également par la dolomie (carbonites, tautoclinus B.), par la pyrite, par la chaux carbonatée, par le fer oligiste. On en trouve encore des empreintes dans le sulfure de zinc hexagonal (spiautérite, wurzite), ainsi que dans la galène de la mine Samson à Andréasberg au Hartz. Comme les filons présentent de nombreuses cavités et sont, par cela même, facilement pénétrés par les eaux souterraines, l'anhydrite passe généralement à l'état de gypse; quant à ce dernier, il ne tarde pas à se dissoudre : il est donc facile de comprendre pourquoi, dans les filons, l'existence de l'anhydrite ne peut plus être constatée que par des pseudomorphoses.

Coprolites appauvris en acide phosphorique. — Les coprolites du grès rouge de Hohenelbe en Bohême, ont été analysés à la demande de M. Haidinger, par M. K. von Hauer (1); ils contiennent seulement 1 p. 100 d'acide phosphorique, et cette grande pauvreté tient visiblement à ce qu'ils ont éprouvé une altération.

Ossements et nodules de chaux phosphatée changés en phosphate de fer. — L'un des pseudomorphismes qui s'observent le plus souvent dans les os fossiles consiste dans l'introduction d'oxyde de fer qui se combine avec l'acide phosphorique de leur phosphate de chaux (2). Il est particulièrement bien caractérisé dans les débris de vertébrés provenant des faluns de la Touraine ; car ils ont souvent un éclat semi-vitreux et une couleur brun foncé. A la demande de M. d'Archiac (3), M. Frémy a analysé récemment une dent de squale provenant du crag de Felixtow, et voici les résultats obtenus séparément pour l'émail (I) et pour l'ivoire (II) :

	I.	II.
Phosphate de chaux	24,28	3,39
— de fer	62,05	72,72
— de magnésie	1,62	1,60
Carbonate de chaux	8,55	19,37
Silice	traces.	0,50
Matières minérales diverses	3,50	2,42
	100,00	100,00

(1) *Jahresbericht uber die Forschritte*, von Hermann Kopp und Will, 1862 — *Jahrb. d. K. K. Geol. Reichsanstalt* [4], XII, 435.
(2) *Recherches sur les pseudomorphoses.* — *Annales des mines*, 1859; XVI.
(3) D'Archiac : *Cours de paléontologie stratigraphique*, 2 partie, 513.

On voit que la chaux a cédé en grande partie la place à l'oxyde de fer; mais, bien que l'émail soit extérieur, son altération est moins complète que celle de l'ivoire des mêmes dents, sans doute parce qu'il est moins poreux.

La même altération a dû se produire aussi dans les nodules de chaux phosphatée et, comme M. Delanoue l'a remarqué, il est facile de reconnaître que, fréquemment, ils sont en partie à l'état de phosphate de fer; c'est surtout ce que l'on observe dans les couches contenant elles-mêmes de l'oxyde de fer ou bien un silicate à base de fer comme la glauconie.

Ossements changés en carbonate et en phosphate de zinc. — Nous rappellerons encore à ce sujet que dans les mines de zinc des environs de Santander (1) on rencontre des ossements qui sont fortement imprégnés d'oxyde de zinc. Il était intéressant d'examiner leur composition, et c'est ce qui a été fait par MM. W. Sullivan et O'Reilly (2). Les ossements qu'ils ont analysés avaient une très-belle couleur blanche, happaient fortement à la langue et étaient devenus friables. En les traitant par de l'acide acétique étendu, on a dissous beaucoup de carbonate de zinc et en outre du carbonate de chaux. Le résidu qu'ils ont laissé dans cet acide était formé de phosphate de chaux et de phosphate de zinc $3ZnO.P^2O^5$. Quant à la proportion du phosphate de zinc, elle s'élève à 15 p. 100 dans certains ossements de la caverne Dolorès, qui étaient entièrement enveloppés par de l'hydrocarbonate de zinc.

Il est bien visible que ce sont des dissolutions de zinc qui ont opéré le pseudomorphisme de ces os fossiles; elles l'ont produit par le même procédé que les dissolutions de fer qui sont d'ailleurs beaucoup plus fréquentes dans les eaux souterraines.

DÉCOMPOSITION.

Envisagé au point de vue le plus général, le métamorphisme comprend toutes les altérations que les roches peuvent éprouver soit par les agents intérieurs, soit par les agents extérieurs. D'après cela, il nous paraît convenable de réunir au chapitre du Métamorphisme les diverses recherches qui sont relatives à la décomposition des minéraux et des roches.

---

(1) *Revue de Géologie*, II, 103.

(2) *Notes on the geology and mineralogy of the Spanish Provinces of Santander and Madrid*, 118.

Succin altéré dans l'intérieur de la terre. — La belle collection Campana, qui vient d'enrichir le Musée du Louvre, présente de nombreux bijoux en succin qui remontent à une haute antiquité et proviennent de tombeaux romains ou étrusques. On reconnaît facilement qu'ils ont éprouvé une altération très-marquée; car ils sont devenus ternes, opaques, blanc jaunâtre, et ils ont été fortement corrodés à leur surface. Ce résultat doit vraisemblablement être attribué à ce que le succin des tombeaux s'est trouvé au contact de matières organiques en décomposition et de produits ammoniacaux qui ont pu le dissoudre et le décomposer.

Bien que le succin soit l'un des minéraux organiques qui se conservent le mieux dans le sein de la terre, on conçoit cependant qu'il sera facilement attaqué par des matières alcalines. Comme d'ailleurs les eaux souterraines contiennent souvent de l'ammoniaque et des sels alcalins, elles doivent corroder peu à peu le succin qui, dans l'intérieur de la terre, se trouve sans cesse exposé à leurs infiltrations; c'est vraisemblablement à cette circonstance qu'il faut attribuer la forme arrondie et l'apparence de dissolution que présente fréquemment le succin à l'état natif.

Dolomie altérée par l'oxydation des sulfures. — On a vu précédemment que la galène constitue un minerai de plomb très-riche qui a rempli des fentes dans la dolomie silurienne du Haut-Mississipi (1) L'oxydation de cette galène et surtout celle de la pyrite de fer qui l'accompagne, élargit fréquemment ces fentes qui prennent alors la forme de crevasses irrégulières; en même temps on observe dans leur intérieur des fragments de dolomie ainsi que de galène et une sorte de boue ferrugineuse. L'analyse de cette dernière a éte faite par MM. Chandler et Kimball, et il est intéressant de comparer sa composition à celle de la roche encaissante (2) :

Carbonate de chaux	59,95
Carbonate de magnésie (diff.)	34,65
Oxyde de fer et alumine	2,14
Argile insoluble et sable	3,00
Sulfate de chaux, chlorure de magnésium et sels solubles.	0,26
	100,00

La roche encaissante des minerais est une dolomie formée de 1

(1) *Report of a geological Survey of the Upper Mississipi Lead Region*, by J. D. Whitney. — Albany, 1862; 248.
(2) *Revue de géologie de* 1862-63.

de carbonate de chaux pour 1 de carbonate de magnésie; elle renferme aussi une petite quantité de matières étrangères qui es[t] généralement inférieure à 1 centième. On voit donc par l'analys[e] précédente que la boue ferrugineuse, contient un peu plus d[e] carbonate de chaux que la dolomie encaissante; elle contient au[ssi] plus d'oxyde de fer, plus d'argile et elle donne plus de résidu ins[o]luble Lorsqu'on l'examine au microscope, elle présente du res[te] des grains petits, qui sont cristallins et peu cohérents.

Ces résultats s'expliquent facilement, car l'acide sulfurique pr[o]venant de l'oxydation des sulfures métalliques devait dissoudre [en] plus grande proportion le carbonate de magnésie qui est plus soluble que le carbonate de chaux; il devait en outre désagréger la dolomie et tendre à concentrer dans le produit de la décomposition le résidu insoluble ainsi que l'oxyde de fer provenant de la décomposition de la pyrite.

Péridot décomposé. — Les recherches qu'Ébelmen [a] commencés avec tant de succès sur la décomposition des silicates ont déjà été continuées à différentes reprises; dans la revue [de] cette année, nous mentionnerons les analyses de M. Guil[laume] Jung (1) sur la décomposition du péridot, étudiée déjà par MM. [Bis]chof et Rhodius (2). Comparant le péridot normal (I) du [basalte] d'Unkel avec ce même péridot décomposé, opaque, ayant [une cou]leur sombre, et une teinte jaunâtre (II), il a obtenu les [résultats] qui suivent :

	Densité.	SiO^2	FeO	Fe^2O^3	NiO	CaO	MgO	HO	CO^2	MNO	[illegible]
I.	3,19	52,03	8,63	»	0,44	traces	37,31	0,84	»	traces	[illegible]
II.	2,01	45,95	13,87	2,02	0,29	3,90	23,99	6,79	3,90	traces	[illegible]

On admet généralement $2RO, SiO^2$ pour la formule du péri[dot], tandis que celle du même minéral, lorsqu'il est complètement [dé]composé, comme à Unkel, serait $2(RO, SiO^2) + Aq$. Dans ce der[nier] la magnésie a visiblement diminué en proportion plus grande [que] le protoxyde de fer; car le rapport entre l'oxygène des [deux] oxydes, qui était de 8 dans (I), se réduit à 3 dans (II). Il y a [un] peu de protoxyde de fer changé en sesquioxyde. On voit [en] outre que le péridot décomposé contient du carbonate de c[haux], ce qui semble indiquer qu'il y en a dans les eaux opérant la [dé]composition. En résumé, le péridot éprouve dans sa densité [...]

(1) *Berg und Huettenmænnische Zeitung*, 1863, 289.
(2) Rammelsberg *Mineral Chemie*, 1860; 447.

diminution du tiers et il se change en un hydrosilicate qui a la même composition que la picrosmine (Rammelsberg : Mineral Chemie, 1860; 521).

Granite décomposé. — On sait qu'on donne le nom de *rappakiwi* à un granite porphyrique de la Finlande. Ce granite présente un grain moyen, et il est formé d'orthose rouge de chair, de quartz gris, d'un peu de mica noir, d'oligoclase; son caractère distinctif lui est donné par ce dernier feldspath, qui, disséminé d'une manière assez irrégulière, entoure souvent les cristaux d'orthose d'une sorte d'auréole.

Depuis longtemps le rappakiwi s'exploite pour les fondations des bâtiments, pour les grands travaux maritimes, pour les fortifications de Cronstadt et de Saint-Pétersbourg; on s'en est servi également pour les cathédrales de Saint-Pétersbourg et de Casan ainsi que pour la colonne commémorative élevée à l'Empereur Alexandre. Mais bien que plusieurs de ces monuments soient d'une date encore assez récente, les dégradations qu'ils ont éprouvées sont si considérables que l'on a dû s'inquiéter pour l'avenir et rechercher jusqu'à quel point il convenait d'employer encore le rappakiwi dans les constructions. M. G. de Helmersen (1) s'est particulièrement occupé de cette question pour la colonne de l'empereur Alexandre.

Le rocher duquel on a extrait cette colonne est à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer et à 100 mètres de distance du rivage vers lequel il s'incline en pente douce sous un angle de 5 degrés. Il se trouve à Pyterlaks, qui est une station de poste entre Viborg et Helsingfors, sur le golfe de Finlande. Pour détacher sur trois de ses côtés le monolithe dans lequel la colonne devait être taillée, il n'avait pas fallu moins de 600 hommes travaillant pendant l'espace de deux années. Sa longueur était de 33 mètres et son poids de 780 tonnes (2). C'est le 30 août 1832 que le monument a été érigé, et sa hauteur totale dépasse 50 mètres. D'après l'examen qu'il en a fait en octobre 1861, M. G. de Helmersen a constaté que la surface entière de la colonne est traversée par des fissures microscopiques qui courent dans toutes les directions; toutefois les feldspaths ne paraissent pas éprouver de décomposition chimique. En

(1) *Bulletin de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg*, V, p. 273 9. Mai 1862.

(2) A. de Montferrand. *Description de la colonne de L'Empereur Alexandre Ier*. 1834. — Saint-Pétersbourg.

outre il y a différents systèmes de fissures qui pénètrent dans l'intérieur de la colonne et qui proviennent sans doute de l'agrandissement des fissures naturelles qu'on observe dans tous les granites elles ont pu encore être déterminées par les vibrations ou les secousses qui résultaient nécessairement du transport et du tran d'une masse de granite aussi colossale. C'est d'ailleurs sur les fac S.-O. et N.-N.-O. de la colonne que les dégradations sont les p marquées.

Des fissures microscopiques se montrent toujours à la surf. du granite de Finlande ; comme l'a déjà remarqué M. Ne... doivent vraisemblablement être attribuées à ce que les cris... qui composent ce granite, et en particulier ceux d'orthose. sont très-grands, se dilatent d'une manière très-inégale s... vant leurs axes, ainsi que l'ont prouvé les recherches de ... cherlisch. Il faut observer, en effet, que dans un climat aus... trême que celui de la Russie, il y a plus de 55 degrés de diff... entre les températures de l'été et de l'hiver.

L'eau pénètre d'ailleurs dans les fissures microscopiques ... contribue à les augmenter, lorsqu'elle se dilate en se co... pendant l'hiver ; de plus elle détermine des fissures nou... indépendamment de celles qui résultent de la dilatation ... des minéraux qui composent le granite.

Mais c'est en pénétrant dans l'intérieur des fissures ... que l'eau contribue surtout à produire des dégrada... toutes les roches étant mauvaises conductrices de la cha... colonne de 4 mètres d'épaisseur éprouve dans son intér... variations de température qui sont beaucoup moins grandes ... surface ; par suite l'eau qui imbibe les fissures profondes se... fie à la surface lorsque les premiers froids de l'automne ... sentir, et c'est seulement pendant l'hiver qu'elle se solidifie à ... térieur. Quand vient le printemps, au contraire, l'eau, déjà ... fiée à la surface, pénètre à l'intérieur des fissures où elle se c... de nouveau parce que la température y est encore inférieu... zéro.

D'après ces considérations que nous empruntons à M. G. de ... mersen, il est donc facile de comprendre comment le clim... goureux de la Russie peut dégrader aussi rapidement le gra... la Finlande

MÉTAMORPHISME.

Cailloux impressionnés. — M. Kaufmann (1) a signalé dans le Nagelflue de la Suisse des cailloux calcaires qui ont laissé leur empreinte sur des cailloux de silex.

Silification. — Orbicules siliceux. — On connaît depuis longtemps les orbicules siliceux à couches concentriques qui s'observent sur les têts de divers mollusques fossiles, particulièrement sur ceux des huîtres, des spondyles, des peignes, des bélemnites, des rudistes, des échinides, des brachipodes; toutefois on est loin d'être d'accord sur leur origine Tandis que les uns les considèrent comme produits par des animaux parasites, d'autres pensent qu'ils résultent d'une cristallisation imparfaite. Telle paraît être l'opinion adoptée par Alexandre Brongniart, qui les a comparés aux agates et aux globules siliceux contenus dans différentes roches.

M. d'Archiac (2) vient de faire une étude nouvelle de ces orbicules siliceux. D'après ses observations ils se composent d'une multitude de petits tubercules de silex calcédoine, entourés de stries déprimées, concentriques, irrégulières, ondulées et formant des bourrelets. A leur centre il y a souvent un point opalin. Lorsque le têt calcaire du mollusque est feuilleté comme dans les huîtres, la silice a pénétré séparément chaque feuillet superposé. Le remplacement du têt calcaire par la silice peut d'ailleurs être total ou simplement partiel; et dans certaines échinides avec orbicules, la silice s'est simplement infiltrée dans les interstices des plaques formant ainsi un réseau d'hexagones.

Ces faits mis en lumière par M. d'Archiac montrent bien que les orbicules siliceux ne sauraient être attribués ni à des animaux parasites, ni à une cristallisation imparfaite. Il est visible qu'une infiltration lente de silice en dissolution dans l'eau explique de la manière la plus naturelle la silicification du têt calcaire; cette silicification peut être partielle ou totale selon l'abondance et la durée de l'infiltration; elle s'exerce surtout sur le têt calcaire des mollusques, parce qu'il est formé par du carbonate de chaux pur. D'un autre côté la surface du têt n'est pas toujours en contact

---

(1) *Bibliothèque universelle de Genève.—Archives des sciences physiques*, 1861 V. 140.
(2) D'Archiac. *Cours de paléontologie stratigraphique*, I, 2e partie.

immédiat avec la roche qui l'enveloppe; c'est en particulier ce qui a lieu pour les échinodermes et pour les mollusques dont le têt est recouvert par des membranes se détruisant dans la fossilisation; il en résulte alors un vide à la surface du têt, en sorte que l'infiltration peut se produire plus facilement.

Quant aux orbicules siliceux, il nous paraît qu'ils doivent être attribués aux ondes produites dans la silice gélatineuse par la pénétration ou par la chute de l'eau d'infiltration qui la sécrétait. Ils correspondent vraisemblablement à des points par lesquels cette eau suintait dans le têt calcaire du mollusque.

Marnes métamorphosées par le basalte. — M. V. Lipold (1) a communiqué des analyses faites par M. E. Jahn sur les marnes fossilifères du Pläner dont il est facile d'étudier le métamorphisme par le basalte, à la montagne Kunetitz, en Bohême.

A, B, C Marnes du Pläner se trouvant au contact du basalte.
D, E, F, G, H Marnes du Pläner au voisinage de la roche éruptive.
J, K, L Mêmes marnes prises sur d'autres points éloignés du basalte.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Densité	2,686	2,716	2,560	2,126	2,383	2,416	2,340	2,303	[illegible]
CaO, CO^2	5,00	13,63	5,40	9,11	27,27	10,03	10,48	15,49	[illegible]
MgO, CO^2	0,46	»	9,99	»	»	»	»	»	[illegible]
CaO	»	8,41	»	2,96	4,37	2,21	3,52	3,54	»
MgO	»	1,88	»	0,64	2,64	0,50	1,01	1,08	»
Silicate de chaux	4,98	4,21	1,80	0,63	1,97	0,27	0,34	1,56	[illegible]
Silicate de magnésie	1,45	1,52	0,92	1,11	1,42	0,68	0,98	1,78	0,46
Fe^2O^3	13,42	15,60	14,20	9,84	10,57	3,58	16,94	8,70	5,11
Al^2O^3	7,62			12,20	11,03	6,90	7,93	14,62	11,75
Alcalis	4,84	2,24	2,48	traces	traces	traces	traces	traces	traces
SiO^2	59,69	47,40	61,00	52,50	34,81	68,16	49,90	47,64	52,62
SO^3	»	»	»	»	»	»	»	»	traces
Perte au feu	2,40	5,00	4,20	10,60	7,00	7,20	8,20	5,60	12,40

Il résulte de ces analyses que la marne du Pläner augmente densité à mesure qu'on s'approche du basalte. En outre, sa com

(1) *Jahresbericht über die Forschritte der Chemie*, von Hermann Kopp H. Will, 1862; 775. — *Verhandlungen der K. K. geol. Reichanstalt* (2), XII,

sition chimique est complétement modifiée; car près du contact de la roche éruptive, elle a perdu une grande partie de son eau et de ses carbonates; de plus, elle s'est visiblement chargée de silice et d'alcalis.

Nous ferons d'ailleurs observer que ces résultats sont entièrement d'accord avec ceux que nous avons obtenus depuis plusieurs années en étudiant le métamorphisme que la basalte et les roches trappéennes exercent sur les marnes se trouvant à leur contact (1).

Gneiss métamorphosé par des sources et par des filons. — M. le professeur Schéerer (2) a étudié avec beaucoup de soin les altérations et les métamorphoses éprouvées par le gneiss classique qui forme l'Erzgebirge de la Saxe. A l'aide d'une série d'analyses, il a commencé par bien établir la composition chimique de ce gneiss lorsqu'il est à l'état normal (I); c'est celle qui a été donnée précédemment à la description des roches. Puis il a analysé successivement ce même gneiss décomposé par l'action de l'atmosphère (II); empâté dans un filon de porphyre quartzifère, et métamorphosé par contact (III); altéré par une source minérale et levenu terne, friable et presque blanc (IV); enfin modifié au voiinage d'un filon qui le coupe à 330 mètres au-dessous du sol (V).

Neuf analyses du gneiss gris et normal ont montré que sa teneur n alumine varie seulement entre 13,87 et 15,70; d'après cela, I. Schéerer admet, comme Ébelmen l'avait fait déjà dans des echerches de ce genre, que la quantité d'alumine reste constante ans le gneiss normal ou métamorphosé et qu'elle est égale à 1,75. Il suppose aussi que tout le fer est à l'état de sesquioxyde; 1 sorte qu'il lui est facile de comparer la composition du gneiss vant et après le métamorphisme.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus et s'explique de i-même, le signe — étant mis devant les substances qui ont diminé, le signe + devant celles qui ont augmenté :

---

(1) Delesse, 1858 : Études sur le métamorphisme; action des roches trappennes sur les roches argileuses.
(2) *Jahresbericht*, von Hermann Kopp und H. Will, 1862; 800. — *Mittheigen der Naturforsch. Gesellschaft in Berne*, 1862; 153.

	SiO^2	Fe^2O^3	CaO, MgO	KO, NaO	HO	CO^2	Autres éléments.
I. Gneiss normal.	65.2	6,9	4,5	6,8	1,0	»	»
II. — décomposé.	— 1,0	»	— 1,0	— 3,0	+ 3,0	»	»
III. — métamorphosé par contact.	— 8,7	»	— 2,1	— 1,8	+ 3,5	tr.	»
IV. — métamorphosé par des sources. . .	— 20,9	»	»	— 2,5	+ 5,5	+ 4,[illegible]	[illegible]
V. — métamorphosé par des filons.	— 23,5	— 6,6	— 3,1	— 4,7	+ 4.7	»	— [illegible]

On voit que, malgré la grande différence des causes qui ont [illegible]difié les gneiss analysés par M. Schéerer, le résultat final est [illegible]néralement dans le même sens, ce qui tient sans doute à ce [illegible] l'infiltration de l'eau exerce une action prédominante.

Dans les cas spéciaux qui viennent d'être examinés, c'est sur[illegible] le feldspath qui a été modifié; le mica peut également l'arc[illegible] plus ou moins; enfin, par l'action prolongée de l'eau, et [illegible]ment d'une source thermale, le quartz lui-même a dû se dis[illegible] partiellement.

Bien que les alcalis aient toujours diminué, ils n'ont [illegible] pas disparu totalement, comme cela a lieu, par exemple, pour le feldspath lorsque sa kaolisation est terminée.

— M. Schéerer a encore étudié le métamorphisme éprouvé [illegible] le gneiss de la Saxe, par suite de sa pénétration par des veines [illegible]mifiées de minerai d'étain. Le Stockwerk d'Altenberg en offre [illegible] bel exemple.

L'hyalomicte stannifère qui est à l'intérieur de ce Stockwerk [illegible] uniquement formé de quartz et de mica noir; M. Schéerer a [illegible]terminé sa composition moyenne qui est représentée par 45 [illegible] quartz et 55 de mica; il l'a d'ailleurs comparée au gneiss no[illegible] en suivant la même méthode que pour les échantillons précédents.

HYALOMICTE.					
Perte.			Augmentation.		
SiO^2	3,30	0/0	FeO	4,42	0/0
KO	1,84		CaO	1,46	
MgO	0,30		SnO^2	0,60	
			HO	0,13	

On peut observer que la différence dans la composition chimique des deux roches n'est pas extrêmement grande; rien ne prouve cependant que les éléments qui les composent n'aient pas été entièrement renouvelés, et qu'il n'y ait pas eu destruction à peu près *totale* du gneiss au moment de l'introduction du minerai d'étain; de plus, la roche primitive et celle qui l'a remplacée ont des caractères minéralogiques entièrement distincts, la première étant le gneiss, la deuxième l'hyalomicte stannifère; en sorte qu'il est difficile de considérer la transformation qui s'est opérée, comme un phénomène de métamorphisme proprement dit.

Schistes métamorphiques. — M. Escher de la Linth a réuni une collection méthodique des principaux types du Verrucano de Sernf, dans le canton de Glaris, et leur analyse chimique a été faite par M. Th. Simmler (1). Ces roches qui sont schisteuses paraissent devoir être rapportées au trias; de plus, elles sont visiblement métamorphiques, et voici les caractères minéralogiques qu'offrent celles qui ont été étudiées.

A Schiste du Murg, violet rougeâtre foncé, à taches vertes, poli et brillant ou bien terne et rugueux, mélangé de grains de quartz qui le font passer au grès schisteux. Quand il renferme du quartz, du hornstein, du porphyre, il se change en un conglomérat qui est semblable à celui du Rothliegende. Dureté = 2,5. Ce schiste constitue aussi l'étage rouge, qui est compris entre les calcaires de Glarnisch et d'Uri; il contient alors un peu d'oxyde de cuivre, ainsi que des traces de plomb et de bismuth.

B *Schiste* rouge et vert, résistant et brillant, qui ressemble beaucoup aux schistes avec séricite du Taunus; il a été pris sur le chemin de Neuehütten. Ses taches vertes sont dues à une substance qui paraît analogue à la pinite. Dureté = 2,5.

C Schiste bigarré avec grains de quartz et de feldspath; sur la tranche, il montre des taches feldspathiques qui ont un aspect tuberculeux et qui le rapprochent du gneiss. Dureté = 4.

D Quartzite schisteux passant au conglomérat, riche en débris de quartz, poli et brillant, tacheté de vert et de rouge.

Quartzite schisteux et talqueux (talkquartzschiefer: Escher) blanc grisâtre, cristallin et gneissique, avec quartz, cristaux blancs maclés d'anorthose et une substance verte analogue à la pinite.

Quartzite talqueux (talkquartzite Escher). Sa couleur est blanche, rouge et verte.

Roche assez homogène, à structure finement grenue, de couleur gris verdâtre, ressemblant à un porphyre incomplètement développé.

---

1) *Annalen der Chemie und Pharm.*, von Wöhler, Liebig, und Kopp; 1863; XXVI, 1 : *Berg und Huettenmännische Zeitung*; 175.

	A	B	C	D	E	F	G
Densité. . . .	2,859	2,819	2,716	2,677	2,656	2,677	[illegible]
SiO^2.	51,92	62,40	65,80	72,29	75,35	74,68	[illegible]
Al^2O^3.	20,86	17,53	16,12	12,33	12,46	8,34	[illegible]
Fe^2O^3.	10,76	9,83	4,67	2,35	»	1,69	»
FeO.	»	»	»	»	2,08	»	[illegible]
CaO.	3,27	0,56	2,04	2,08	1,29	4,10	[illegible]
MgO.	3,65	0,25	1,30	2,22	0,63	1,90	[illegible]
NaO.	0,68	1,00	3,18	3,31	2,58	1,74	[illegible]
KO.	1,02	4,14	3,53	0,77	4,16	0,68	[illegible]
CO^2.	2,64	»	0,82	3,57	»	5,64	[illegible]
HO.	5,53	3,70	2,43	1,06	1,75	1,18	[illegible]
Somme. . . .	100,33	99,41	99,89	99,98	100,30	99,95	[illegible]

M. Simmler observe que la roche E présente la compos[illegible] chimique du trachyte normal de M. Bunsen; se basant sur ce[illegible] résultat et ne tenant aucunement compte des caractères min[illegible] logiques de cette roche, il admet qu'elle est d'origine ign[illegible] propose de la nommer Alpinite. Suivant M. Simmler, [illegible] A qui présente la plus faible teneur en silice, aurait été [illegible] E dans lequel il peut d'ailleurs s'engager d'une manière inext[illegible] ble; quant à B et à C, ce seraient les produits de la réaction [illegible] tuelle de ces deux roches.

Il nous est absolument impossible d'adopter les conclusions [illegible] M. Simmler; car bien que le quartzite talqueux et schisteux [illegible] M. Escher de la Linth contienne du feldspath, il ne saurait [illegible] cunement être considéré comme éruptif; c'est au contraire [illegible] roche sédimentaire et quartzeuse dans laquelle le feldspath [illegible] mica se sont développés par métamorphisme. Toutes les au[illegible] roches schisteuses auxquelles il est associé sont également [illegible] mentaires et plus ou moins métamorphosées.

Quel que soit l'intérêt qui s'attache à des analyses de roc[illegible] bien faites, la discussion des résultats obtenus est essentiellem[illegible] subordonnée à leur étude minéralogique et géologique; en ef[illegible] la composition chimique des roches est assez peu variée et il p[illegible] très-bien arriver qu'elle soit la même pour des roches ayant [illegible] origine entièrement différente. C'est ce qui a lieu pour le quar[illegible] de Sernf et le trachyte de l'Islande qui n'ont véritablement [illegible]

cune espèce de rapport. Il est donc bien visible que dans l'étude des roches, il est impossible de se laisser guider exclusivement par la composition chimique; on doit avant tout se baser sur les caractères minéralogiques et géologiques.

Micaschistes. — Des recherches ont été faites par M. H Clifton Sorby (1) sur l'origine première du micaschiste et sur les métamorphoses auxquelles il doit les caractères qu'il présente.

L'auteur appelle d'abord l'attention sur les ondulations ou marques spéciales qui résultent du dépôt même d'une roche sédimentaire; elles appartiennent à sa structure originaire et il les nomme *ripple drift*. On peut aisément en retrouver la trace en examinant des plaques polies de schiste argileux et, dans quelques micaschistes, on constate même qu'elle a été modifiée par le métamorphisme. M. Sorby conclut de l'examen de ces roches que le micaschiste est d'origine sédimentaire, qu'il a été métamorphosé après son dépôt, quelquefois après la production de clivage ou après d'autres changements physiques, et enfin que les veines de ses différents minéraux représentent les plans de dépôt primitif.

Ce résultat s'accorde parfaitement avec les études que nous avons 'aites nous-mêmes sur le métamorphisme; et dans les Alpes, notamment autour du Saint-Gotthardt, il est facile de reconnaître lans les zones parallèles de micaschiste une roche sédimentaire ans laquelle des micas et divers minéraux se sont développés uivant la stratification originaire.

AGE DES ROCHES ÉRUPTIVES.

L'âge des roches éruptives est toujours difficile à déterminer, et ur connaître les limites entre lesquelles il se trouve compris, ur chaque roche, des observations très-nombreuses et très-va- ies seront nécessaires; c'est dans ce but que nous groupons ici elques faits se rattachant à cette importante question (2). Nous nsidérerons successivement les roches proprement dites, puis roches métallifères.

neiss. — Dans leur belle carte géologique de la Saxe, MM. C. F. umann et de Cotta ont regardé le gneiss de Munchberg comme s récent que la grauwake; mais cette opinion, qui avait déjà

Quarterly Journal f. Geological Society. 6 mai 1863.

Voir aussi *Revue de géologie*, I, 106.

été adoptée par Fr. **Hoffmann**, a trouvé un contradicteur dans M. **Gümbel**. D'après ce dernier géologue, le gneiss de Munchberg serait primitif, et s'il recouvre des terrains sédimentaires appartenant à la grauwake qui est rapportée au culm, cela tient uniquement à un renversement complet. Au nord du Fichtelgebirge, le gneiss aurait été soulevé et de plus ramené par-dessus les terrains paléozoïques. Suivant M. **Gümbel**, ce renversement expliquerait pourquoi les schistes siluriens recouvrent le dévonien, qui à son tour repose sur le culm; pourquoi le culm, bien qu'étant le terrain le plus récent, se trouve au contraire à la base et paraît être le plus ancien.

Telle n'est pas cependant l'opinion de M. C. **Naumann** (1), le savant géologue de la Saxe, qui maintient sur tous les points celle qu'il avait adoptée précédemment. D'accord sur les faits avec M. **Gümbel**, il reconnait que le gneiss de Munchberg est bien superposé à la grauwake; au lieu de considérer ce gneiss comme primitif, M. **Naumann** pense, au contraire, qu'il est de formation postérieure. Ce serait, suivant lui, une roche éruptive qui, exerçant une pression très-puissante, aurait renversé les terrains sédimentaires vers le Nord du Fichtelgebirge, sans produire le même effet vers le Sud.

La question est très-délicate à décider; car, même en admettant que le gneiss soit antérieur aux terrains qu'il recouvre, il a pu, comme dans les Alpes, avoir cristallisé de nouveau lorsque ces terrains ont été renversés. Mais, quelle que soit l'hypothèse à adopter pour expliquer ces faits, leur constatation par deux observateurs aussi habiles que MM. **Naumann** et **Gümbel** ne permet pas de conserver le moindre doute sur leur authenticité; ils s'accordent d'ailleurs avec ceux qui ont été signalés en Ecosse par sir **Roderick Murchison**; ils montrent bien que des terrains sédimentaires encore reconnaissables peuvent être complétement renversés et recouverts par le gneiss.

Granite et porphyre. — En étudiant les roches éruptives du Roussillon, M. **Noguès** (2) a cherché à comparer leur âge. Dans les vallées du Tech et de la Tet, il indique du granite qui est postérieur au terrain dévonien, mais antérieur au grès rouge du trias.

Le porphyre quartzifère qui se montre à Amélie-les-Bains, aurait fait son éruption après le dépôt du grès rouge.

---

(1) *Neues Jahrbuch*, von G. **Leonhard** und H. B. **Geinitz**, 1863; L.
(2) *Comptes rendus*, 1862; LV, 874.

Quant aux eaux thermo-minérales des Pyrénées-Orientales, elles seraient en relation avec les fentes produites dans le sol par l'éjaculation des roches ignées.

Ophite. — Les opinions les plus divergentes ayant été émises sur l'âge de l'ophite des Pyrénées, M. V. Raulin (1) a cherché à le préciser. Il rappelle d'abord que de Charpentier, l'habile explorateur des Pyrénées, regardait l'ophite comme très-moderne et pensait qu'il ne pouvait être postérieur à l'excavation de la plupart des vallées. Mais d'un autre côté, dès 1839, Sir Charles Lyell avait considéré l'ophite comme appartenant à la période crétacée, d'après la visite qu'il avait faite au Poug d'Azet près de Dax. M. Leymerie avait même dit, en 1858, que la première apparition de cette roche était antérieure à l'étage crayeux inférieur des Pyrénées. En étudiant diverses carrières, notamment celles du Poug d'Azet, et la marnière de Mimbaste, M. V. Raulin a reconnu, avec sir Charles Lyell et M. Leymerie, que l'ophite est plus ancien qu'on ne l'admet généralement. Ses débris s'observent en effet, non-seulement dans la molasse du miocène supérieur, mais encore dans les couches moyennes du terrain crétacé.

M. V. Raulin remarque aussi à ce sujet que si, comme le pense M. Leymerie, sa dernière éruption dans les Pyrénées centrales a eu lieu immédiatement après le dépôt du terrain nummulitique et à l'époque du soulèvement pyrénéen, on ne saurait attribuer à l'action des ophites sur des combustibles renfermés dans terrains plus anciens, l'origine des bitumes qui imprègnent les couches de Bastennes ; car la Cardita Jouanneti ainsi que l'Ostrea crassissima se trouvent dans ces dernières couches, qui appartiennent par conséquent au miocène supérieur.

Roches volcaniques. — *Ténériffe.* — M. C. de Fritsch (2) a déterminé l'âge relatif des basaltes et des trachytes dans l'île de Ténériffe On peut y distinguer cinq espèces de trachyte, une obsidienne, deux roches phonolitiques qui se rapprochent déjà beaucoup du basalte, ainsi que deux basaltes qui diffèrent par leur âge, bien qu'ayant le même caractère minéralogique.

Voici, d'ailleurs, quel est l'ordre d'ancienneté de ces roches volcaniques avec l'indication des localités dans lesquelles on les observe :

---

(1) *Comptes rendus*, 1862 ; LV, 669.
(2) *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, XIV, 544.

10. Basalte riche en péridot (bords du Cirque).
9. Roche phonolithique foncée ; elle est très-répandue, forme des filons, ainsi que de grandes masses, et elle est accompagnée par un conglomérat de couleur pâle (Ala).
8. Trachyte gris verdâtre (Greta).
7. Roche phonolithique, schisteuse et de couleur foncée (Greta).
6. Trachyte gris jaunâtre (Greta).
5. Porphyre trachytique à pâte brune avec cristaux d'anorthose et d'au[illegible] (Risco do Canco).
4. Trachyte vert, le plus souvent foncé (Risco do Canco).
3. Obsidienne en petites veines qui traversent un tuf blanc (Grata, Gu[illegible]
2. Basalte avec péridot. (Angostura).
1. Trachyte gris clair (vallée d'Agua agria).

Aukland. — Les phénomènes volcaniques d'Aukland dans la Nouvelle-Zélande ont été étudiés par M. Ch. Heaphy (1). Vers 36° degré de latitude Sud, l'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande se rétrécit tellement qu'elle ne présente plus qu'un isthme de 6 milles de largeur ; cependant on n'y compte pas moins de soixante-deux volcans isolés s'élevant à 100 mètres environ au-dessus de la plaine qui est formée par un bassin tertiaire.

Les actions volcaniques se sont continuées pendant l'époque actuelle et pendant les époques antérieures ; M. Ch. Heaphy croit même pouvoir leur attribuer quatre périodes distinctes :

1° Éruptions de masses composées de trachytes qui ont 300 à 500 mètres de hauteur et qui présentent la forme de [illegible] de dykes démantelés. Ce trachyte serait antérieur aux couches tertiaires.

2° Éruptions sous-marines lorsque les couches tertiaires étaient encore recouvertes par les eaux. Les cendres de ces éruptions [illegible]talent elles-mêmes en couches qui sont intercalées dans les [illegible] tertiaires. Les cratères ont alors été remplis ; de plus ils sont démantelés et à faible pente ;

3° Éruptions pendant le soulèvement des masses tertiaires. Elles se montrent sur les lignes d'escarpement et dans les parties où les couches tertiaires ont été disloquées.

4° Éruptions à travers les couches tertiaires dans lesquelles M. Heaphy distingue : *a* cratères de tufs qui ont une faible hauteur, un diamètre très-inégal et sont quelquefois remplis par de [illegible] ou par des amas boueux ; *b* éruptions de basaltes et de scories qui n'affectent pas la forme de cônes et qui n'ont également qu'[illegible]

(1) *Quarterly Journal of geol. Society*, XVI, 242.— Söchting. *Die Fortschritte der physikalischen geographie in Jahre*, 1860 ; 869.

faible hauteur; *c* cônes avec cavités cratériformes ayant une composition minéralogique variée.

Fossiles trouvés dans les gîtes métallifères. — Des fossiles peuvent quelquefois se rencontrer dans les filons métallifères; comme ils ont nécessairement été introduits avant que le remplissage de ces filons fût complet, ils fournissent un moyen de connaître les différentes époques auxquelles il a eu lieu, et par suite ils donnent des indications précises sur leur âge. On constate ainsi que des filons sont souvent bien postérieurs aux terrains dans lesquels ils se trouvent encaissés.

Plomb. — Ainsi, d'après M. Ch. Moore (1), les filons si connus qui s'exploitent dans le calcaire carbonifère de Mendip-Hill ne sont pas contemporains de ce calcaire, mais ils peuvent remonter jusqu'à la période secondaire. Près de Charter-House, par exemple, M. Moore a trouvé dans une mine de plomb et à une profondeur de 52 mètres un dépôt ayant $2^m,40$ d'épaisseur, qui consistait en marne bleue renfermant 7 1/2 p. 100 de galène. Ce même dépôt contenait en outre des ammonites, des bélemnites, des brachiopodes, des débris de poissons, ainsi que du bois changé en jayet. Les mines, exploitées dans le calcaire carbonifère du Shropshire, du Yorkshire, du Cumberland, ont donné des résultats analogues.

M. Ch. Moore conclut de ces faits que les filons de plomb du calcaire carbonifère ont encore été soumis à l'action de l'Océan pendant la période secondaire.

Zinc. — Les minerais de zinc de la province de Santander (2) nous fournissent un exemple analogue au précédent. D'après M. Rivière (3), qui les a visités, ils seraient contemporains du terrain crétacé; mais cette conclusion est combattue par MM. W. K. Sullivan et O'Reilly (4). Ils observent, en effet, qu'il y a dans le minerai, des ossements fossiles appartenant aux cerfs, aux rhinocéros, à l'Elephas primigenius. De la calamine blanche enveloppe complétement ces ossements, qui ont été pseudomorphosés, et la chaux s'y trouve même en partie remplacée par de l'oxyde de zinc; par conséquent, on ne saurait douter qu'une partie du minerai de zinc, et notamment la calamine blanche, ne soit postérieure à l'existence de ces animaux, c'est-à-dire post-tertiaire.

---

(1) *Report of the British Association.* — Cambridge, 1862; 82.
(2) *Revue de géologie*, II, 102 et 104, III.
(3) *Comptes rendus*, XLVII, 1858; 728.
(4) *Notes on the Geology of the Spanish Provinces of Santander and Madrid*, 1863.

D'après MM. **Sullivan** et **O'Reilly**, le zinc de Santander se serait originairement précipité à l'état de carbonate, puis il aurait été partiellement changé en sulfure. Des fentes résultant de dislocations auraient d'abord été remplies par le minerai et se seraient ensuite élargies par l'action dissolvante de l'eau. Mais l'émersion de cette partie de la Péninsule Espagnole date seulement de l'époque tertiaire ; de plus, les mines de la vallée de Comillas occupent une fissure qui est certainement postérieure au terrain éocène. Il est donc probable que le zinc, aussi bien que le plomb qui l'accompagne, ne se sont pas déposés avant l'époque tertiaire.

Si des eaux minérales sulfureuses et chaudes, comme celles qu'il y a encore maintenant dans les Pyrénées, ont ensuite traversé et atteint les gîtes de carbonates de zinc et de plomb, on conçoit qu'elles auront dû les métamorphoser plus ou moins en sulfures. Ces transformations peuvent, du reste, s'être produites pendant l'époque pliocène et même se continuer pendant l'époque post-tertiaire.

GÉOGÉNIE.

L'étude des faits nous a paru devoir être séparée, autant que possible, des théories quelquefois assez incertaines par lesquelles on cherche à les expliquer ; d'un autre côté, malgré leurs imperfections, ces théories ne sauraient être passées sous silence, et elles ont été réunies dans un chapitre particulier qui est consacré à la géogénie.

Les sujets qui nous occuperont plus spécialement sont : l'action de l'eau et de la chaleur, la formation des gîtes métallifères, les causes du relief de l'écorce terrestre, l'explication des phases successives par lesquelles a passé notre globe, la durée des périodes géologiques.

Influence de l'eau sur la durée du refroidissement de la terre. — Des expériences ont été faites par M. de Mecquenem sur des boulets chauffés au rouge, dans le but de comparer approximativement la durée de leur refroidissement dans de l'air à [illegible] dans de l'eau qui était renouvelée et entretenue à une température d'environ 12°.

---

(1) *L'accord de la Bible et des sciences*, par Edm. Marey-Monge, 13.

	Durée du refroidissement		
	à l'air.	dans l'eau.	Rapport.
Boulet de 8 ou de 103 millimètres.	$3^h,40$	$3',00''$	73,33
Boulet de 12 ou de $118^{mm},5$.	$4^h,20'$	$3',30''$	74,28

Le refroidissement est visiblement beaucoup plus rapide dans l'eau que dans l'air. Mais il ne s'ensuit aucunement qu'on doive admettre avec M. Edm. Marey-Monge qu'il s'est passé quelque chose d'analogue pour la terre; car son refroidissement n'a pas eu lieu dans de l'eau froide, ni dans des conditions semblables à celles de l'expérience. L'eau ne représente, en effet, qu'une petite fraction de la masse de notre globe, et si l'on suppose à ce dernier une origine ignée, elle devait nécessairement se trouver elle-même à une haute température.

Infiltration capillaire de l'eau à de grandes profondeurs. — M. Daubrée (1) a constaté que si l'on prend une plaque d'une roche poreuse, telle qu'un grès, et qu'on fasse agir de la vapeur d'eau sur la paroi inférieure, pendant que la paroi supérieure est au contraire recouverte d'eau à l'état liquide, cette dernière n'est pas refoulée par la vapeur. De plus, l'expérience montre que l'eau, obéissant à une sorte d'appel capillaire, marche avec rapidité vers la paroi chauffée par la vapeur, le long de laquelle s'opère d'ailleurs une évaporation active.

Comme toutes les roches sont plus ou moins poreuses, on conçoit que l'eau superficielle puisse pénétrer par capillarité jusqu'à une grande profondeur dans l'intérieur de la terre, et en particulier jusqu'à celle où la température s'élève à 100°. Elle produirait ainsi une alimentation continue malgré la contre-pression, et elle viendrait remplacer l'eau qui est rejetée en si grande abondance par les volcans.

Les trachytes étant très-poreux, M. Daubrée observe qu'ils pourraient être particulièrement soupçonnés d'établir une communication capillaire permanente entre l'eau de la surface et les masses chaudes qui leur servent de base. D'un autre côté, les volcans sont presque constamment près de la mer, ce qui semble indiquer que ses eaux ne sont pas étrangères à leur activité.

« En résumé, dit M. Daubrée, sans exclure l'eau [illegible], en quelque sorte de constitution initiale, que l'on suppose [illegible]ment incorporée aux masses intérieures et fondues, je [illegible]

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2e s., XXIII, [illegible].

porté à conclure que l'eau de la surface pourrait, sous l'action combinée de la capillarité et de la chaleur, descendre jusque dans des parties profondes du globe. »

« Un phénomène lent, continu et régulier donnerait lieu, de temps à autre, par suite de ruptures soudaines d'équilibre, à des manifestations brusques et violentes, telles que les éruptions volcaniques et les tremblements de terre. »

Décomposition de l'eau dans les volcans. — Lorsque l'eau se trouve chauffée en présence de corps susceptibles de s'oxyder, elle éprouve, comme l'on sait, une décomposition, qui est plus ou moins facile suivant les corps qu'on fait intervenir. Mais, récemment, M. H. Sainte-Claire Deville (1) a démontré qu'elle peut être décomposée même par des agents purement physiques. Ainsi, en chauffant de la vapeur d'eau dans un tube de terre poreuse qui était porté à une température de 1,000° à 1,300°, ce savant a constaté qu'elle se sépare en ses deux éléments ; elle éprouve alors ce que M. H. Sainte-Claire Deville appelle très-heureusement une dissociation. Ce phénomène de dissociation est très-remarquable et mérite d'être signalé spécialement à l'attention des géologues.

Les volcans brûlants nous offrent, en effet, un appareil dans lequel la température est très-élevée et peut dans certains cas atteindre ou même dépasser 1,000°. De plus, la vapeur d'eau arrive sans cesse dans cet appareil ; car l'eau se rencontre partout dans l'intérieur de l'écorce terrestre ; elle accompagne les laves en ignition et dans toutes les éruptions volcaniques, elle joue même un rôle extrêmement important. On comprend donc que les roches avec lesquelles elle se trouve en contact, lui feront subir une décomposition qui sera d'autant plus facile que généralement les roches ne sont pas au maximum d'oxydation. Lorsque la température sera très-élevée, l'eau pourra même éprouver une dissociation. C'est vraisemblablement à la décomposition de l'eau opérée à de très-hautes températures qu'il faut attribuer le dégagement de l'hydrogène dont la présence a quelquefois été signalée dans les éruptions volcaniques.

La dissociation des hydrogènes carbonés qui sont aussi dégagés par les volcans pourrait, du reste, l'expliquer également.

Chaleur produite par le frottement des fluides. — Des expériences faites par M. Bianconi (2) ont montré que le frottement

(1) *Revue des Sociétés savantes*, février 1863 ; 38.
(2) G. de Mortillet. *Revue scientifique italienne*, I, 166.

es liquides contre les solides donne lieu à une légère augmentation de température. M. Bianconi admet d'après cela que la chaleur des eaux thermales doit être attribuée au frottement exercé contre leurs parois. Mais cette conclusion est visiblement inexacte; car la chaleur augmente incontestablement lorsqu'on pénètre dans l'intérieur de la terre, et la température des eaux souterraines est réglée par la profondeur de laquelle elles proviennent.

Toutefois un mouvement très-rapide doit donner lieu à un certain dégagement de chaleur; et, comme l'observe M. Bianconi, le frottement des aérolites contre l'air explique naturellement leur incandescence.

Cristallisation du carbonate de chaux par la chaleur. — D'après quelques expériences et des considérations géologiques développées par M. G. Bischof, M. G. Rose (1) avait admis, contrairement à l'opinion formulée d'abord par M. sir James Hall, que la chaux carbonatée ne pouvait pas se transformer en marbre par l'action de la chaleur. Cependant des doutes étaient restés sur l'exactitude de ce jugement scientifique malgré la haute autorité de celui qui l'avait rendu; car il attaquait un fait considéré jusqu'à présent comme classique et comme l'une des bases de la théorie du métamorphisme. A la suite d'observations qui lui furent faites par Leonhard Hörner, M. G. Rose (2) lui-même ne tarda pas à partager ces doutes et pour les éclaircir, il entreprit avec M. Siemens de nouvelles expériences.

D'abord, il opéra avec des espèces de creusets qui étaient fabriqués en forant une cavité dans du fer doux et en la recouvrant avec une plaque de fer polie qui était fortement maintenue avec des vis. Après y avoir mis de l'aragonite, il soumit ces creusets à un violent feu de forge et au bout de dix minutes environ, il reconnut que, malgré les précautions prises, ils laissaient échapper un petit jet de gaz combustible qui était de l'oxyde de carbone. L'examen de la matière à l'intérieur des creusets montra qu'il y avait bien un peu de chaux caustique vers la surface, mais que cependant l'aragonite s'était changée en un beau marbre semblable à celui de Carrare.

Sir James Hall ayant fait ses expériences dans des tubes de porcelaine, MM. G. Rose et Siemens cherchèrent à les répéter, en se plaçant dans les mêmes conditions. Ils prirent un vase de

---

(1) *Poggendorff Annalen*, 1860; III, 156.
(2) *Poggendorff Annalen*, 1862. — *Ueber die Schmelzung des Kohlensauren Kalks und Darstellung Kunstlichen Marmors.*

porcelaine non émaillé qui fermait par un couvercle bien rodé et ils y mirent un morceau de calcaire lithographique qui fut recouvert avec de la craie fortement tamponnée. Le tout fut lié avec du fil de fer et enveloppé dans une masse d'argile réfractaire ayant quelques centimètres d'épaisseur. L'appareil fut ensuite exposé pendant une demi-heure à une très-forte chaleur blanche. On constata que le calcaire lithographique était devenu gris blanchâtre et qu'il avait pris une structure grenue; elle était seulement un peu plus fine que dans les expériences sur l'aragonite. Quant à la craie, examinée au microscope sous un grossissement de 360 fois, elle montra aussi une structure grenue.

Cette expérience avait donc complétement réussi; mais il n'en fut pas de même pour une autre dans laquelle le vase de porcelaine contenant du spath d'Islande fût soumis pendant trois heures à un feu très-violent. Presque tout l'acide carbonique du spath se dégagea et on comprend que ce résultat doive être attribué à la porosité de la porcelaine dont MM. Résal et Minary (1) ont constaté les effets de leur côté. Les expériences ingénieuses de M. Henri Sainte-Claire Deville sur la porosité que manifestent à une haute température les substances qui sont les plus compactes et les plus imperméables à la température ordinaire nous en donnent d'ailleurs une explication générale.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que le carbonate de chaux soumis à une forte chaleur et à la pression peut se métamorphoser en chaux carbonatée et même en marbre, comme l'avait d'abord reconnu Sir James Hall. M. G. Rose explique d'ailleurs par ce fait la formation du marbre qui s'observe au contact des filons de basalte à Belfast; il explique aussi de même l'origine du marbre qui est intercalé dans le micaschiste ou dans le schiste argileux.

Nous remarquerons, toutefois, que dans les expériences précédentes, une température très-élevée était nécessaire pour faire cristalliser le carbonate de chaux; cela tient vraisemblablement à ce que le carbonate était chauffé seulement pendant quelques minutes; mais on conçoit qu'une température bien inférieure agissant pendant une longue durée pourrait suffire à déterminer la cristallisation. Cette dernière serait favorisée par l'eau qui rend les matières plus tendres et surtout par une forte pression qui, en rapprochant les parcelles de calcaire permettrait aux actions moléculaires de s'exercer facilement. Pour le marbre qui est

(1) *Comptes rendus*, 1862; LIV, 682.

tercalé dans le micaschiste et même pour celui qui s'est formé au contact du basalte, la température devait se maintenir pendant une longue durée et de plus, elle était secondée par l'eau souterraine et par une forte pression; par conséquent, il n'était aucunement nécessaire qu'elle fût aussi élevée que dans les expériences qui viennent d'être citées. En outre, il ne nous paraît pas possible d'admettre que le marbre intercalé dans le micaschiste et surtout dans le schiste argileux, ait jamais été soumis à une chaleur blanche; car les caractères de ces dernières roches excluent toute formation à une température élevée; une chaleur blanche aurait d'ailleurs été plus que suffisante pour déterminer une réaction très-vive du marbre sur tous les silicates et pour amener ces derniers à l'état de fusion (1).

Origine de l'oxygène dans l'atmosphère. — Des considérations sur la géogénie et en particulier sur l'origine de l'oxygène lans l'atmosphère, ont été présentées par M. Duponchel (2). Partant de l'origine ignée de notre globe, il observe que l'oxygène, e corps comburant par excellence a dû s'unir primitivement avec e carbone, avec l'hydrogène, avec les métaux alcalins et terreux, n un mot avec les corps combustibles; le défaut d'oxygène aurait eul arrêté cette combinaison.

Mais alors il est naturel de se demander d'où provient l'oxygène ui est actuellement contenu dans l'atmosphère? M. Duponchel attribue uniquement aux plantes qui, sous l'influence du soleil égagent, comme l'on sait, de l'oxygène. Partant de cette donnée, . Duponchel observe que l'oxygène de l'atmosphère doit corres-ondre au carbone enfoui dans les terrains de sédiment où il est l'état d'anthracite, de houille, de lignite, d'humus. Il essaye ême de calculer ce carbone en admettant qu'il est rigoureuse-ent égal à la quantité que pourrait brûler l'oxygène de l'air, c'est-dire à 750 kilogrammes par mètre carré de la surface de notre obe. Cette quantité, qui est égale à 375 trillions de tonnes de rbone, représenterait une couche de houille ayant $0^{m},60$ d'é-isseur et s'étendant sur toute la surface de la terre.

Dans la théorie qu'il développe, M. Duponchel suppose que ut l'oxygène de l'atmosphère est fourni par les plantes; cepen-nt une portion de cet oxygène peut provenir de réactions chi-

(1) Delesse. Études sur le métamorphisme, 1858.— Origine des Roches. *Bulle- géologique* [2], XV, 728.

(2) *Comptes rendus*, 1863; LVI, 261. — Cycle du développement de la vie orga-ue à la surface du globe.

miques; car l'expérience montre que les volcans eux-mêmes dé-gagent de l'hydrogène libre, et d'après M. H. Sainte-Claire Deville, les éléments de l'eau éprouvent une dissociation lorsqu'ils sont soumis à une température élevée. D'un autre côté, si les plantes avaient débarrassé l'atmosphère de l'acide carbonique qu'il contenait originairement pour le remplacer par de l'oxygène et la rendre respirable aux animaux, elles devraient se montrer dans les terrains bien longtemps avant ces derniers; ce n'est cependant pas ce qui a lieu; la géologie nous apprend au contraire que les animaux et les plantes apparaissent à peu près à la même époque, et que l'ensemble des êtres qui peuplent le globe tend à équilibrer la composition de l'atmosphère. Enfin, comme l'a fait observer M. d'Archiac (1), l'oxygène est lui-même indispensable au développement des plantes, en sorte que ce gaz existait nécessairement dans l'atmosphère à partir du moment où elles se montrent dans les terrains.

Origine du nitrate de soude. — Au sud du Pérou, dans la province Tarapaca, il existe des gîtes de nitrates de soude accompagnés de borax, qui ont été décrits récemment par M. H. Reck (2). D'après M. C. G. Hilliger ce nitrate de soude provient des dépôts d'un guano antédiluvien qui aurait été déposé sur les bords d'un lac de natron. Postérieurement il aurait été submergé et atteint par les eaux de ce lac, ce qui aurait donné lieu à une double décomposition dans son nitrate d'ammoniaque et par suite à la formation de carbonate d'ammoniaque et de nitrate de soude.

Origine du calcaire et de la dolomie. — Quelle est l'origine du calcaire et de la dolomie qui forment des couches si puissantes dans les terrains stratifiés ? A différentes reprises les géologues se sont occupés de cette question, qui vient d'être étudiée de nouveau par MM. Leymerie (3) Cordier (4) et H. Lecoq.

Bien que le calcaire contienne fréquemment des débris de coquilles, il peut arriver cependant qu'il n'en renferme pas; et d'ailleurs on conçoit que les mollusques ont dû nécessairement puiser dans la mer le carbonate de chaux qui leur était nécessaire pour sécréter leur têt.

M. Leymerie attribue à une variation dans la composition des mers le dépôt du calcaire et de la dolomie. Supposant que dans

(1) D'Archiac. *Cours de paléontologie stratigraphique*, 2e partie, 18..
(2) *Berg und Huttenmannische Zeitung*, 1863; 229.
(3) *Mémoires de l'Académie impériale de Toulouse*, séance du 21 avril 186..
(4) *Comptes rendus*, 17 février 1862.

mer Silurienne le sel principal était le chlorure de calcium et non pas le chlorure de sodium comme actuellement, il fait intervenir des eaux terrestres ou sous-marines contenant du carbonate de soude. On comprend alors que, par double décomposition, elles précipiteront du carbonate de chaux. De même, en réagissant sur le chlorure de magnésium, elles donneront lieu à un dépôt de carbonate de magnésie. Quant au carbonate de soude, M. Leymerie pense qu'il provient essentiellement de l'intérieur de la terre d'où il aurait été apporté par les eaux thermales salines qui étaient beaucoup plus abondantes aux époques antérieures.

D'autres savants et en particulier M. le professeur H. Lecoq ont, au contraire, été frappés de la grande importance des dépôts de travertins opérés par les sources calcarifères. Ces sources sont quelquefois très-nombreuses, comme on l'observe en France, notamment dans le plateau central. Très-actives encore à l'époque actuelle, elles pouvaient d'ailleurs être beaucoup plus puissantes aux époques antérieures ; on conçoit donc qu'elles aient pu restituer aux eaux de la mer du carbonate de chaux à mesure qu'il était soustrait par les mollusques.

D'ailleurs l'expérience montre qu'il y a une proportion très-notable de chaux dans les eaux douces, même dans celles qui coulent sur les granites. On en trouve également dans les nappes souterraines qui s'infiltrent lentement dans les terrains et qui s'écoulent en définitive dans la mer, réservoir commun dans lequel se déversent toutes les eaux du globe. Par conséquent la mer reçoit de la chaux, non-seulement de sources calcarifères venues de l'intérieur de la terre, mais encore de toutes les eaux météoriques qui reviennent à la mer après avoir traversé des terrains contenant des minéraux à base de chaux.

Il faut encore ajouter que la décomposition des roches donne généralement de la chaux qui est entraînée ou dissoute par des infiltrations d'eau chargée d'acide carbonique. Leur érosion par l'atmosphère ou leur destruction par l'Océan le long des falaises produit encore le même résultat. Toutes ces causes qui agissent sans cesse tendent visiblement à réparer dans la mer les pertes de chaux résultant du travail incessant des mollusques.

Il n'est pas probable assurément que la composition de l'eau des mers soit restée absolument constante pendant toute la série des terrains ; et d'un autre côté, avant l'existence des êtres organisés, elle était certainement très-différente de ce qu'elle est actuellement. Mais depuis les terrains paléozoïques jusqu'à nos jours, elle ne paraît pas avoir subi de grands changements. On en

trouve la preuve dans la similitude qu'il y a entre les êtres qui peuplent nos mers et ceux des mers paléozoïques. Malgré les variations que présente la faune de chaque terrain, il est des genres qui ont des représentants dans toute la série. Les brachiopodes et les céphalopodes, par exemple, qui ont vécu dès l'époque silurienne existent encore maintenant ; et il n'y a souvent qu'une différence bien légère entre les lingules, les térébratules et les nautiles de différentes époques. Pour les animaux inférieurs, tels que les foraminifères, certains auteurs regardent même des espèces siluriennes comme identiques à celles qui vivent encore dans nos mers.

Comment admettre d'après cela, pour la mer Silurienne, une composition chimique entièrement différente de celle de la mer actuelle? Comment supposer que le chlorure de calcium en était le sel principal?

Il importe d'ailleurs d'observer que la petite proportion de chaux contenue dans la mer actuelle suffit parfaitement au développement de mollusques et de polypiers ayant un têt calcaire très-pesant. De plus, sur nos côtes granitiques de Bretagne, certaines plantes marines, désignées sous le nom de Maerl, ont la propriété de s'encroûter de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie ; elles donnent alors des dépôts qui non-seulement renferment de la magnésie, mais en ont même plus que la dolomie. Enfin, les sondages faits à de grandes profondeurs dans l'Atlantique et dans le Pacifique ont montré qu'il s'y forme des couches d'un calcaire aussi pur que la craie dont il a tous les caractères. De même que les mers anciennes, la mer actuelle produit donc des dépôts de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie.

M. Leymerie admet que c'est seulement lorsque la mer s'est enrichie en chlorure de sodium qu'elle a pu en fournir aux masses importantes de sel gemme qu'on trouve enclavées dans divers terrains. Toutefois il importe d'observer que, dans l'Amérique du Nord, le sel gemme et les sources salées se rencontrent jusque dans les terrains les plus anciens. Il y a du sel gemme dans le silurien d'Onondaga et dans le carbonifère du Michigan. D'un autre côté, le sel gemme peut avoir été produit dans des lacs et par l'évaporation d'eaux minérales salées. Nous ne pensons donc pas que la présence du sel gemme dans les terrains secondaires et tertiaires démontre que les mers de ces époques étaient plus salées que les mers paléozoïques.

En résumé, nous ne saurions adopter complétement l'hypothèse ingénieuse qui a été proposée par M. Leymerie. A différentes reprises le carbonate de soude a bien pu précipiter le carbonate de

chaux et le carbonate de magnésie; mais si la chaux s'est renouvelée successivement pendant l'énorme durée nécessaire à la formation des terrains stratifiés, il ne paraît pas que sa proportion ait varié dans des limites très-étendues. Cette proportion réglait le développement des mollusques sécrétant un têt calcaire ; toutefois elle dépendait elle-même de l'éruption de sources calcarifères et surtout de la décomposition plus ou moins rapide des roches de l'écorce terrestre. Il ne paraît pas d'ailleurs que le chlorure de calcium ait été le sel principal des mers anciennes, même à l'époque des terrains paléozoïques. Les analogies que présente l'organisation des animaux marins trouvés dans les différents terrains de sédiment montrent au contraire que la composition chimique de l'eau des mers restait à peu près constante; et il en était de même pour l'atmosphère. Si la composition de l'une ou de l'autre a varié, c'est seulement d'une manière accidentelle, à la suite d'éruptions volcaniques ou d'éjaculations venues de l'intérieur de la terre; alors elle a pu concourir à la disparition des faunes et des flores.

Formation de la galène et de minerais sulfurés dans des [m]**ers métallifères.** — Après avoir étudié la région métallifère [d]ans laquelle s'exploite le minerai de plomb du Haut Mississipi, M. Whitney (1) a recherché quelles sont les conditions dans lesquelles il s'est formé.

Si l'on se reporte à la description qui a été donnée précédemment de ce minerai, on se rappellera qu'au lieu de présenter de véritables filons, il a rempli des fentes dans la dolomie silurienne dite de Galena. Cette dolomie est d'ailleurs très-pure et cristalline ; quelquefois elle contient moins de 1 p. 100 de matières étrangères et généralement elle n'en a pas plus de trois ou quatre. En outre, les couches dans lesquelles les fissures sont le mieux caractérisées sont précisément celles qui sont les plus pures et les plus homogènes; chaque fois qu'il y a des parties schisteuses ou argileuses, les crevasses deviennent confuses ou bien même disparaissent complétement.

M. Whitney observe d'abord que les fentes doivent vraisemblablement leur origine an caractère lithologique de la dolomie elle-même et aux changements qu'elle a éprouvés lorsqu'elle s'est consolidée. On conçoit que, lorsqu'elle a pris la structure cristalline, elle était soumise à des retraits symétriques, en sorte qu'elle tendait à affecter une division cuboïde; d'un autre côté, un sou-

(1) *Report of a geological Survey of the Upper Mississipi Lead Region*, 1862;

lèvement ou bien un mouvement d'élévation de tout le pays a pu déterminer la direction suivant laquelle la solution de continuité a eu lieu. Comme nous l'avons vu précédemment, elle court généralement de l'Est à l'Ouest et cette direction est aussi celle que suit la ligne de partage des eaux dans toute la région où l'on exploite le plomb.

Les fentes, formées comme on vient de l'expliquer, ont ensuite été remplies par des dissolutions métalliques qui y ont déposé des sulfures de plomb, de zinc et de fer; mais ces dissolutions ont-elles été introduites par en haut ou bien au contraire par en bas? M. Whitney n'hésite pas à admettre que dans les gîtes métallifères du Haut-Mississipi, elles venaient par en haut; et il motive cette opinion par des preuves qui nous paraissent bien concluantes.

1° D'abord, les fentes traversant la dolomie ne se retrouvent pas dans les roches sous-jacentes ; c'est seulement dans une ou deux circonstances qu'on a rencontré des fentes métallifères ayant quelques pouces d'épaisseur et traversant le grès inférieur au calcaire bleu (*blue limestone*). Cependant, dans la région où l'on exploite le plomb, ce grès se montre bien à jour et peut facilement s'explorer sur la plus grande partie de son épaisseur. Comment expliquerait-on que les dissolutions métalliques aient traversé le grès sans y laisser des traces de leur passage?

Maintenant la dolomie inférieure au grès (*lower magnesian limestone*) se présente avec les mêmes caractères minéralogiques que la dolomie métallifère, et, malgré cela, l'on n'y retrouve pas non plus la continuation des veines exploitables; un peu de minerai disséminé dans des fissures très irrégulières se rencontre seulement dans ses bancs supérieurs. Remarquons aussi que dans la région du Mississipi dans laquelle on exploite le plomb, il n'existe pas de dykes de roches ignées ou éruptives et que les couches ont été très peu dérangées depuis leur dépôt. D'après ce premier ensemble de faits on ne peut donc guère supposer que le remplissage des fentes métallifères ait eu lieu par le bas.

2° Mais il est facile d'en citer d'autres qui ne sont plus simplement négatifs comme les précédents et qui fournissent des preuves plus directes.

En effet, à Seven Lode, près de Dubuque, M. Whittlesey a décrit une grande caverne rectangulaire à la partie supérieure de laquelle pendait de la galène bien cristallisée et recouverte de plomb carbonaté, tandis qu'à sa partie inférieure on trouvait de la galène disséminée dans un détritus argileux. Ce mode de gisement indique bien visiblement que la galène doit être venue par le haut.

À Mill's Lode, à Hazle Green, on a observé des amas importants de minerais ayant la forme de selles, et la galène se montre beaucoup plus pure à la partie supérieure que dans les ramifications inférieures.

En outre, de grandes cavités, comme celles signalées par le Dr Owen, à la colline du Vinaigre, ont été complétement tapissées par des cristaux de galène.

D'un autre côté, il est facile de reconnaître que le minerai de plomb du Haut-Mississipi s'est formé par voie humide. Car on s'accorde généralement à attribuer cette origine aux sulfures métalliques que nous offre la nature, et l'on sait avec quelle facilité ils peuvent s'obtenir dans le laboratoire. De plus, il est des faits qui seraient absolument inexplicables dans toute autre hypothèse; quelquefois, par exemple, la galène forme des stalagmites bien caractérisés, comme l'on en peut voir à la collection Wheatley au collége de l'Union. Il paraît même, d'après les mineurs, que les stalagmites présentent dans certains cas des couches alternantes de galène et de chaux carbonatée. Ajoutons que des fossiles peuvent être pseudomorphosés par de la galène et qu'ils le sont surtout très-fréquemment par des pyrites. L'ensemble de ces faits montre donc bien que les fentes n'ont pas été remplies par le bas et que le minerai n'a pas été introduit à l'état de fusion ou de sublimation.

Quel est alors l'agent qui a formé ce minerai du Haut-Mississipi dans les couches où on l'exploite? M. Whitney pense que c'est l'hydrogène sulfuré et voici comment il justifie cette hypothèse. Il admet que la mer dans laquelle se sont déposées les couches métallifères pouvait contenir des sels métalliques de plomb, de zinc, de fer. Une variante de cette hypothèse consisterait à supposer que les couches ont été imprégnées par des infiltrations d'eaux chargées de sels métalliques que de l'hydrogène sulfuré a ensuite précipités à l'état de sulfures. On sait d'ailleurs que les terrains paléozoïques, et particulièrement le silurien inférieur, donnent lieu à des exploitations métallifères qui sont à la fois très-importantes et très-variées; il y en a non-seulement dans les couches qui sont restées sans altération comme dans les États de l'Ouest, mais encore dans celles qui ont été métamorphosées.

D'après M. Whitney, on observerait dans le Nord-Ouest de l'Amérique une relation évidente entre l'abondance du minerai et le développement de la vie organique. Ainsi, le grès de Postdam n'y contient pas de plomb, ni de zinc et très-peu de fer ou de cuivre; ses minerais sont d'ailleurs à l'état d'oxydes. D'un autre côté, le calcaire bleu (*blue limestone*) renferme des gisements importants de minerais qui sont à l'état de sulfures, et leur présence coïncide

avec un grand développement de la vie organique, car des couches y sont en partie formées de débris animaux. Il en est de même dans les parties du *lower magnesian limestone* et du grès supérieur dit de Saint-Pierre qui sont métallifères. Enfin dans le calcaire de Galena, il y a souvent une grande quantité de plantes fossiles et une multitude de mollusques qui sont quelquefois complétement chargés en pyrite. M. Whitney en conclut, comme M. Ludwig et quelques autres géologues, que les sulfates contenus dans les débris végétaux et animaux ont été décomposés par leurs matières organiques, en sorte qu'ils ont donné de l'hydrogène sulfuré qui a précipité les métaux à l'état de sulfures (1). Ces derniers se sont aussi concentrés dans les fissures et dans les cavités de la roche; mais lorsqu'il n'y en avait pas, ils sont restés disséminés dans les couches.

Du reste, pendant cette première période de notre globe, les eaux de l'Océan n'étaient pas tellement métallifères que l'existence des mollusques et des plantes marines fût par cela même complétement entravée; on voit, au contraire, que dans cette série, la précipitation des métaux dissous était en relation directe avec le développement des êtres.

Minéraux susceptibles de se produire par l'électricité. — MM. Becquerel, Fox et Haidinger ont appelé l'attention sur la part que les courants électro-chimiques ont pris à la formation des minéraux et en particulier des gîtes métallifères.

Dans le but d'éclairer cette question, M. C. de Fritsch a recherché de quelle manière les divers minéraux se comportent lorsqu'ils sont employés comme électrodes et quelle est leur conductibilité pour l'électricité. L'expérience lui a montré que tous les métaux et tous les métalloïdes qui cristallisent dans le système rhomboédrique sont bons conducteurs; il en est de même pour les arséniures et les antimoniures, pour les tellurures, et pour les combinaisons avec les sulfures. Un même minéral peut d'ailleurs, suivant sa structure, présenter des différences pour la conductibilité.

D'après M. de Fritsch les seuls minéraux susceptibles de se former par l'électricité seraient : le graphite, l'arsenic, le bismuth, l'or, l'argent, le mercure, le cuivre, l'argent antimonial (discrasite), le smaltite, la galène, la marcassite, la bismuthine, le

---

(1) *Revue de géologie*, II, 156.
(2) Dr A. Kenngott. *Uebersicht der Resultat mineralogischer Forschungen im Jahre*, 1861; 176.

baltnickelkies (musenite), la pyrite de cuivre, la bornite, l'argent rouge, la bournonite (cuivre gris), la cuprite.

Les roches sont habituellement composées de silicates qui sont peu conducteurs de l'électricité, et les seuls minéraux conducteurs qui s'y rencontrent sont : le fer oxydulé, l'hématite, la pyrite, la marcassite, la pyrite magnétique, quelquefois le mispickel, la pyrite de cuivre, le graphite et les substances charbonneuses.

M. de Fritsch observe que le contact de ces minéraux, soit entre eux, soit avec des dissolutions, doit nécessairement donner lieu à des courants électriques ; toutefois ils sont si faibles qu'il est à peine possible d'en constater l'existence.

Alternances périodiques des couches dans les terrains stratifiés. — Les terrains stratifiés présentent fréquemment des alternances de couches qui se reproduisent régulièrement en conservant une épaisseur à peu près constante et les mêmes caractères minéralogiques. Les géologues qui visitent le Jura, par exemple, sont frappés des intercalations nombreuses et régulières de marnes argileuses ou sableuses dans des calcaires. Parmi les personnes qui ont proposé une explication de ces alternances périodiques des couches dans les terrains stratifiés, nous citerons M. de Vignet (1).

Comme il l'observe avec raison, elles doivent nécessairement tenir à des phénomènes qui sont eux-mêmes périodiques. Or, si l'on considère d'abord l'oscillation de l'axe terrestre sur le plan de l'écliptique et le déplacement de la ligne des apsides par rapport à l'axe des équinoxes, ces phénomènes produisent seulement des différences entre les températures extrêmes de l'hiver et de l'été ; ils exigent d'ailleurs une très-longue durée, en sorte que M. de Vignet les mentionne seulement pour mémoire. On conçoit cependant qu'ils n'ont pas été sans influence sur la nature des dépôts qui se sont formés dans un même lieu et qui sont séparés par une grande épaisseur.

Le mouvement de la terre sur son axe s'opère dans vingt-quatre heures, et par conséquent il est au contraire trop rapide pour exercer quelque influence appréciable sur la nature des dépôts. Celui de la lune autour de la terre est déjà assez important ; car il règle essentiellement le phénomène des marées et nous avons constaté nous-même sur divers points des côtes de l'Océan que les dépôts littoraux présentent des caractères minéralogiques différents, suivant qu'ils se sont formés pendant les marées ordinaires ou bien pendant

(1) *Note sur la formation des terrains stratifiés.* Grenoble, 1862.

es grandes marées d'équinoxe. Remarquons en outre que des marées exceptionnelles encore sont produites par des tremblements de terre ou par des éruptions volcaniques; ces phénomènes peuvent donc contribuer aussi à modifier la nature des dépôts formés par la mer.

Mais en dehors des causes qui viennent d'être mentionnées, le mouvement de la terre autour du soleil exerce, comme l'observe M. de Vignet, la plus grande influence sur la nature des dépôts marins, fluviatiles ou lacustres.

Si l'on considère, par exemple, les dépôts de haute mer, ils sont formés de débris de foraminifères, de diatomacées et de plantes marines auxquels peuvent se joindre de l'argile ou des parcelles microscopiques et surtout du carbonate de chaux qui est tenu en dissolution à la faveur d'un excès d'acide carbonique. Ces dépôts proviennent donc d'êtres organisés, de précipités mécaniques ainsi que de précipités chimiques; mais, dans tous les cas, leur abondance dépendra, dans certaines limites, des saisons et, par suite, du mouvement de translation de la terre. Pour le carbonate de chaux en particulier, M. de Vignet pense que son dépôt doit être plus abondant pendant l'été que pendant l'hiver, parce que la chaleur produit une évaporation plus grande de l'eau de mer et dégage une partie de l'acide carbonique qui s'y trouve en dissolution. D'un autre côté, pendant l'été, la lumière donne lieu à une végétation beaucoup plus active des plantes marines; comme ces dernières se développent aux dépens de l'acide carbonique qui est dans l'eau de mer, elles tendent aussi à le diminuer et par suite à augmenter le dépôt de carbonate de chaux pendant cette saison. Quant aux vents et aux courants qui peuvent modifier également le dépôt du carbonate de chaux, ils sont eux-mêmes soumis à l'influence régulière des saisons. On ne saurait donc se refuser à admettre, avec M. de Vignet, que le mouvement annuel de la terre n'exerce de l'influence sur la nature de certains dépôts de haute mer qui sont plus calcaires pendant l'été, au contraire plus argileux et plus riches en débris organiques pendant l'hiver.

Toutefois est-ce bien à cette influence qu'il est possible d'attribuer des alternances de calcaire et d'argile comme celles qui s'observent dans les terrains jurassiques et qui présentent souvent des couches de plusieurs décimètres d'épaisseur? Il est évident que non, si l'on songe à la faible épaisseur des dépôts qui se forment pendant une année entière sur le bord de la mer ou bien sur les rives des grands fleuves sujets aux inondations comme le Nil.

Nous pensons qu'il faut chercher les causes principales des al-

iances périodiques de couches ayant des épaisseurs de plusieurs lécimètres dans les changements apportés au régime des couants, dans les modifications que subissent les contours des terres mergées, et dans les oscillations du sol que l'étude des côtes ous montre se produire lentement et avec une certaine réguırité.

Il est encore un point sur lequel nous ne saurions être complé-ɔment d'accord avec M. de Vignet. De même que M. Leymerie, admet qu'autrefois la quantité de carbonate de chaux contenue ıns les mers était beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui; ce-ɔndant en remontant à l'origine des terrains stratifiés, on voit que carbonate de chaux se déposait d'abord en très-petite proportion ıns les mers siluriennes d'Europe dans lesquelles se formaient 'esque exclusivement des grès et des schistes; sa proportion a aug-enté dans les mers devoniennes et carbonifères, puis elle paraît oir atteint un maximum dans les mers jurassiques et crétacées; ıis quoi qu'il en soit, nous sommes porté à croire qu'elle ne férait pas beaucoup de celle des mers actuelles. Nous rappelle-ons, en effet, que les sondages faits par le capitaine Maury, r MM. Dayman, Berryman et par différents navigateurs, orennent que du calcaire presque pur, ayant l'apparence de la ıie, se dépose encore maintenant sur de vastes étendues dans le d de l'Océan Atlantique.

:auses des déviations de la gravité. — A plusieurs reprises astronomes ont constaté par des observations précises que la ction de la gravité en un point de la surface de la terre peut er très-légèrement de la verticale. C'est par exemple ce que ›etit a reconnu dans les Pyrénées, et pour expliquer ce fait, il ıis l'hypothèse que l'intérieur de ces montagnes devait être x?

M. Otto Struve (1) et Schweizer viennent d'un autre côté onstater le même fait dans les environs de Moscou. La dévia-de la gravité dépasse 7″ dans l'endroit qui a été exploré; au et en deçà, elle va en diminuant, puis elle devient nulle. Ce :at est d'autant plus remarquable qu'il n'y a pas de monta-près de Moscou. Les choses se passent comme s'il manquait

---

ktrait d'une Note de M. Struve, par M. Laussedat, professeur à l'Ecole bnique.

une quantité de matière, ayant même densité que la croûte terrestre et cubant 1,2 mille géographique (1). D'après M. Otto Struve cette insuffisance de matière pourrait s'expliquer par une inégale répartition de la densité de la croûte terrestre dans le voisinage de l'endroit exploré. Il faut reconnaître d'ailleurs que cette dernière hypothèse est beaucoup plus vraisemblable que celle de l'existence d'un creux, particulièrement lorsqu'il s'agit de montagnes éruptives comme les Pyrénées.

Causes du relief de l'écorce terrestre. — L'écorce terrestre est sans cesse modifiée par deux sortes d'agents, les uns intérieurs, les autres extérieurs et son relief peut être considéré comme la résultante. Mais les géologues ne sont pas d'accord sur l'intensité de ces agents, ni sur la part qu'il convient de faire à chacun d'eux; les uns attribuent surtout le relief aux agents intérieurs, tandis que les autres donnent au contraire la prééminence aux agents extérieurs. Les premiers font intervenir un temps très-court et des cataclysmes très-différents des phénomènes géologiques qu'on observe à notre époque; tandis que les seconds se bornent à ces mêmes phénomènes reproduits pendant un temps très-long. C'est à cette dernière école qu'appartiennent les partisans les plus avancés de la doctrine des causes actuelles, parmi lesquels nous mentionnerons sir Charles Lyell, Constant-Prevost, M. Ramsay et M. J. Beete Jukes.

Récemment plusieurs géologues ont appelé particulièrement l'attention sur les effets de la glace considérée comme agent d'érosion et même d'affouillement. Ainsi M. Mortillet (2) a donné des coupes prises dans les vallées du versant italien des Alpes où l'on voit des alluvions anciennes surmontées par des moraines en partie dénudées. Il en conclut que les glaciers ont emporté presque tous les matériaux meubles qui formaient ces alluvions et qu'ils ont creusé des bassins plus ou moins profonds, ce qui a donné naissance à des lacs. M. Lory (3) attribue également à des glaciers le creusement de la vallée de l'Isère, à sa profondeur actuelle jusqu'à Saint-Gervais. Citons encore M. le professeur Ramsay

(1) Le mille géographique vaut 1/15 du degré moyen de latitude.

(2) Sur l'affouillement des anciens glaciers, 1863 (L.). — Voir aussi la *géologie*, II, 164.

(3) Communication à la Société de statistique de l'Isère, 29 décembre 18

(4) *Philosophical Magazine and Journal of Science*, XXV, 81 (L.).

regarde tous les lacs Alpins comme creusés par les glaciers, même les lacs de Côme, Majeur, de Genève et de Constance.

En outre M. Ramsay croit pouvoir étendre ses inductions à des lacs aussi considérables que le lac Huron et le lac Supérieur.

Cette théorie du creusement des lacs par les glaciers et surtout l'extension exagérée que certaines personnes lui ont donnée a été combattue par plusieurs savants, même par ceux qui comptent parmi les glaciéristes. Ainsi M. Desor (1) ne pense pas que les glaciers puissent produire le creusement qui leur a été attribué. « Au contraire, dit-il, tous ceux qui ont pénétré sous les glaciers ont pu s'assurer, qu'à moins d'être très-encaissés, ils glissent sans même entamer sensiblement les amas de gravier qui remplissent le fond de la vallée. » A quoi M. de Mortillet répond qu'il n'est pas étonnant qu'il n'y ait pas d'affouillement dans les parties inférieures des glaciers sous lesquelles l'homme peut pénétrer, mais que leur marche donne lieu à une force tangentielle qui s'exerce sur leur fond. D'un autre côté, M. John Ball a fait observer que si la glace avait la puissance d'érosion qu'on lui prête, elle n'aurait pas dû laisser dans le défilé de Saint-Maurice un rocher calcaire qui barre entièrement la vallée.

Enfin M. P. Lesley (2) a particulièrement combattu l'intervention de la glace et des causes actuelles pour expliquer l'orographie et les dénudations. Étudiant la structure des Alleghanies, il a fait voir que la mer ne produit d'action érosive que sur ses bords. Dans les Alleghanies où le système devonien porte les lacs de New-York et de Pensylvanie, il observe que jusqu'à présent on ne connaît pas de moraines, pas de stries, pas de traces, en un mot, d'une action glaciaire. En explorant cette région il se demande d'ailleurs où seraient les débris de cette usure supposée des âges à laquelle les partisans des causes actuelles attribuent le rôle prépondérant. On ne trouve pas d'accumulations de détritus à la gorge des ravins, pas de plaines de sable et d'argile, pas de deltas. Les vallées sont fermées par de hautes murailles offrant seulement quelques talus qui résultent des débris détachés des sommets; le fond des vallées est nu; les lacs ont des bords abruptes. Les particularités de la structure des Alleghanies, si remarquables par leurs grandes lignes longitudinales interrompues par des gorges transversales (gaps), se retrouvent jusque dans le Tennessee et l'Alabama. Ceux

(1) *Atti della Società Elvetica di sc. natur.* riunita a Lugano, 1860, 136 (L.)
(2) *Proceedings of the American Philosophical Society*, IX, 186 (L.).

qui les attribuent à d'anciens glaciers dans la Caroline du Nord sont obligés, pour être conséquents, de supposer qu'il y avait aussi de semblables glaciers dans ces deux États, c'est-à-dire sous une latitude de 33°. En un mot, d'après M. P. Lesley, la structure et l'orographie des Alleghanies révèlent un cataclysme : vallées, plaines, excavations de lacs, tout a été fait du même coup, et le temps n'a laissé sa trace qu'en créant le mince manteau qui sert de support à la végétation.

Mais de tous les partisans de la doctrine des causes actuelles, il n'en est peut-être aucun qui se soit avancé aussi loin que M. Jukes (1).

Attachant une importance toute spéciale aux agents extérieurs, il admet que beaucoup de modifications de la surface du sol qui jusqu'à présent ont été attribuées à des convulsions de la nature doivent uniquement être rapportées à l'action lente et prolongée de l'atmosphère. Nous terminerons donc ce paragraphe par une analyse sommaire de ses idées sur cette question.

M. Jukes observe d'abord que quelques plaines peuvent être considérées comme originaires et alors les couches qu'on rencontre au-dessous de leur surface sont horizontales; toutefois, le plus généralement, de pareilles plaines ont été profondément modifiées par les érosions des eaux. Il en est encore de même quand les couches sont inclinées et l'auteur en cite des exemples qu'il a trouvés en Irlande, notamment aux environs de Galway. Suivant lui, les premières collines de dénudation sont devenues de plus en plus hautes, par suite de l'approfondissement successif des vallées voisines.

D'un autre côté, il est incontestable que la hauteur absolue des collines tendait à se réduire par la dégradation même résultant des eaux et de l'atmosphère (2).

A l'exception des volcans ou des montagnes de déjection, M. Jukes pense que toutes les autres collines ou montagnes résultent de la destruction des roches voisines.

Il étend même ces idées à certaines chaînes de montagnes. Ainsi, d'après M. Jukes, l'axe géologique d'une chaîne de montagnes, qui se confond avec la ligne suivant laquelle les couches les plus anciennes viennent affleurer à la surface, ne doit généralement pas être considéré comme le résultat d'un soulèvement. Il ajoute même

---

(1) *Quarterly Journal of the Geological Society*, nov. 1862; XVIII, 378. — *Address British Association at Cambridge*. 1862. — *Neues Jahrbuch* 1863; 114.
(2) Bernhard von Cotta. *Innere Bau der Gebirge*. Freiberg, 1851.

que l'axe orographique d'une chaîne de montagnes, qui est habituellement la ligne de partage des eaux, a souvent pour origine l'atmosphère et les agents extérieurs.

Dépassant les partisans les plus hardis de la théorie des causes actuelles, M. Jukes conteste ensuite l'existence de cratères de soulèvement; pour lui, le relief présenté par l'écorce terrestre ne provient pas des agents intérieurs, si l'on en excepte toutefois les volcans; il serait le résultat des actions exercées par l'atmosphère, par les eaux, et en un mot par les agents extérieurs. Ce sont ces agents qui, peu à peu et pendant les énormes durées des périodes géologiques, auraient produit des phénomènes d'érosion et qui auraient amené la désagrégation mécanique ou chimique des roches.

Des écrits récents de M. le professeur Ramsay et de M. Prestvich avaient déjà pour but de signaler spécialement les effets de la dénudation dans le Sud du pays de Galles ainsi que dans les vallées de la Somme et de la Seine. M. J. B. Jukes, reprenant cet ordre d'idées, s'avance beaucoup plus loin que tous les géologues qui l'ont précédé. Dans une étude des environs de Cork, il cherche à établir que le relief du sol résulte essentiellement de la dénudation. Puis étendant cette doctrine à d'autres pays, il essaye de l'appliquer à la formation de la vallée du Rhône et enfin aux Alpes elles-mêmes.

Comparant d'une manière générale les effets de la dénudation et de la dislocation ainsi que leur influence mutuelle sur un sol dont le relief a été modifié depuis son dépôt, M. Jukes formule les propositions suivantes :

« 1° Il existe deux sortes de dénudations, l'une qui est marine, l'autre qui est atmosphérique.

« 2° La dénudation marine s'exerce seulement près du niveau de la mer et le long des côtes. Elle agit par un mouvement horizontal et tend à réduire le sol émergé à son niveau.

« 3° La dénudation marine ne saurait produire des ravins ou des vallées contournées et étroites, mais seulement des cols ou des détroits sur la crête des montagnes, lorsque leurs sommets forment des îles et des détroits qui sont traversés par des marées ou des courants énergiques.

« 4° La dénudation atmosphérique agit verticalement, soit en décomposant les roches partout où elles sont émergées, soit en les usant et en les détruisant par la glace des glaciers lorsqu'il en existe dans le pays, ou bien par l'eau des ruisseaux, des torrents et des rivières.

« 5° Si on laisse de côté, dit M. Jukes, les régions volcaniques ou celles agitées par les tremblements de terre, le relief actuel du sol a toujours été produit par la dénudation atmosphérique ou marine. Les forces internes de dislocation n'ont exercé qu'un effet indirect, et d'ailleurs elles ont cessé d'agir longtemps avant que le sol eût pris sa forme actuelle. »

Il est bien difficile d'accepter des idées aussi radicales que celles formulées par le savant directeur du *Geological Survey* de l'Irlande. Bien qu'elles puissent être exactes dans certains cas particuliers, ne sont-elles pas tout à fait insuffisantes pour expliquer la formation des chaînes de montagnes, ainsi que les redressements, les dislocations et surtout les renversements qu'on observe sur une grande échelle jusque dans les roches sédimentaires les plus récentes? La réponse à cette question ne saurait faire l'objet d'un doute, et elle se trouve dans les recherches de M. Élie de Beaumont sur les Systèmes de montagnes (1).

Causes des phases successives de notre globe. — M. J. Dana (2) a résumé sous une forme sommaire les causes des phases successives par lesquelles a passé notre globe. Ses conclusions s'accordent dans leur ensemble avec celles qui ont été formulées déjà à différentes reprises par sir Charles Lyell et par les géologues de son école.

Époques. — Considérant d'abord les époques géologiques, M. Dana observe qu'elles ont été marquées par des changements dans la nature des couches déposées et par l'extinction plus ou moins complète de certaines espèces. Ces changements étaient immédiatement en rapport avec les oscillations qui se manifestaient dans le niveau des eaux qui baignaient les continents; d'un autre côté leur niveau variait lui-même avec les élévations ou les dépressions que subissaient soit les terres émergées, soit le fond des mers.

Les soulèvements et les affaissements brusques et violents, accompagnés d'émission de chaleur venaient se produire quelquefois, y ont d'ailleurs contribué aussi bien que des modifications de niveau qui étaient extrêmement lentes et à peine appréciables dans l'espace d'un siècle. Toutefois la plupart des changements, même lorsqu'ils nous paraissent brusques, ont exigé un laps de temps très-considérable.

(1) Elie de Beaumont. *Notice sur les systèmes de montagnes.* 1852.
(2) Dana. *Manual of Geology*, p. 737.

La succession des époques géologiques et le développement de la configuration de la terre sont donc les résultats concomitants d'un même plan d'évolution.

Climats. — Considérant ensuite les climats, M. J. Dana ajoute qu'on attribue généralement à trois causes principales le refroidissement qui s'est produit sur notre globe.

1° La diminution de la densité et de l'état nuageux de l'atmosphère, provenant de ce qu'elle perdait successivement de son acide carbonique et de son humidité;

2° L'accroissement successif de l'étendue et de la hauteur des terres émergées;

3° Le refroidissement séculaire du globe:

A ces causes on ajoute quelquefois les deux suivantes qui sont d'ailleurs plus hypothétiques:

4° Le déplacement des pôles de la terre. — Cet événement aurait changé seulement la position de la zone glaciale. Du reste, s'il était bien prouvé qu'un climat polaire eût existé quelque part pendant la période paléozoïque, cela suffirait pour que le déplacement des pôles fût admis parmi les causes probables du refroidissement de la terre; toutefois plusieurs astronomes contestent sa possibilité.

5° Le passage de la terre à travers des régions chaudes de l'espace pendant ses premières périodes.

Cette cause rentre tellement dans le domaine de l'hypothèse qu'il conviendrait de ne la prendre en considération que si toutes les précédentes étaient reconnues insuffisantes.

Quant à la première de ces causes, elle est bien réelle et ne saurait être contestée; mais ses effets doivent avoir été trop restreints, particulièrement après la période carbonifère, pour produire tous les changements de climats que l'on observe.

La seconde cause, l'accroissement de l'étendue et de la hauteur des terres, est aussi d'une importance incontestable. Pour apprécier son influence, il est nécessaire de tenir compte de ce que les climats se sont modifiés en même temps que les terres. Par exemple, lors du climat de la période carbonifère, la terre émergée se trouvait réduite à une étendue qui était au plus moitié de celle qu'elle occupe aujourd'hui; et pour la plus grande partie, elle était à peu près au niveau de l'Océan. Les plus hautes montagnes étaient alors très-surbaissées ou même n'existaient pas; en tout cas, leur élévation ne devait guère dépasser 200 à 350 mètres; de plus leur étendue était comparativement assez limitée.

Les terres polaires, comme le montre l'étude des terrains carbo-

nifères, existaient déjà pendant cette période; mais elles étaient très-réduites. Peut-être leur condition était-elle analogue à celle de la terre de Feu qui présente une végétation alpine à plus de 500 mètres au-dessus du niveau de la mer, bien que sa température moyenne soit un peu inférieure à zéro? Peut-être même l'île Melville avait-elle la même température que la Pensylvanie. Toujours est-il que le climat des terres polaires était encore chaud à l'époque mésozoïque, puisqu'on y a trouvé des reptiles, notamment des ichthyosaures et des téléosaures.

La troisième cause, celle du refroidissement séculaire du globe, a certainement joué un rôle important dans son histoire géologique, lorsqu'il était encore à l'état d'incandescence. Mais on peut se demander si, dès l'époque silurienne, la croûte terrestre n'avait pas déjà une épaisseur suffisante pour que les feux intérieurs cessassent d'être la cause la plus efficace de la chaleur à sa surface. De plus, il n'est guère possible d'admettre que la chaleur émise à travers la croûte terrestre, fût assez grande aux pôles pour élever, pendant la période carbonifère, la température moyenne à 22° ou 28°, climat qui paraît avoir été nécessaire à la végétation de cette période; car il en serait résulté de tels changements dans les zones tempérées et dans les zones tropicales, que l'existence des plantes et des animaux y serait devenue tout à fait impossible.

Cependant quelques degrés de chaleur peuvent bien être attribués à l'influence des eaux de l'Océan, puisqu'au-dessous de son fond la croûte terrestre devait être moins épaisse que dans la portion continentale. En outre, un petit changement dans l'Océan aurait pu produire de grands changements de température sur le globe, par suite de l'influence des courants marins.

En résumé, le refroidissement qui s'est opéré dans la température du globe paraît surtout devoir être attribué à ces trois causes réunies; mais dans l'état actuel de la science il n'est pas possible de déterminer d'une manière précise les effets qui ont été produits par chacune d'elles.

Durée des époques géologiques. — M. James D. Dana s'est encore proposé, comme l'avait fait déjà M. John Phillips (2), de comparer les durées des époques géologiques par les épaisseurs des terrains qui leur correspondent.

---

(1) *Manual of geology*, 386, 493, 568.
(2) *Revue de géologie*, I, 20.

Comme l'observe M. Dana lui-même, cette méthode présente quelque incertitude, parce que la rapidité de l'accroissement d'une roche sédimentaire sur un point est souvent en rapport avec l'affaissement qui peut s'y produire simultanément. En outre, les couches calcaires se forment avec une lenteur extrême, ainsi que le montrent les îles sécrétées par les polypiers. Il convient même d'admettre que tandis qu'une couche calcaire représentée par 1 se forme à l'intérieur d'un bassin, celle de dépôts mécaniques ou fragmentaires, appartenant à la même région, s'élève jusqu'à 5 ou même jusqu'à 10. L'épaisseur des couches calcaires de sédiment doit donc être multipliée par un coefficient, et il est vraisemblable qu'on reste au-dessous de la vérité en supposant qu'il est seulement égal à 5.

Considérant successivement les terrains paléozoïques, mésozoïques, caïnozoïques, M. J. Dana cherche à évaluer leur épaisseur totale, en prenant celle qui paraît être maximum, et en admettant que chaque couche calcaire tienne la place d'un dépôt fragmentaire qui présenterait une épaisseur cinq fois plus grande. Voici le résumé de ses recherches, qui s'appliquent surtout aux terrains de l'Amérique du Nord :

TERRAINS.	CALCAIRES.	DÉPÔTS correspondants aux calcaires.		DÉPÔTS fragmentaires.	SOMME des dépôts.	Rapports.
Caïnozoïques.	pieds.	pieds.		pieds.	pieds.	
Post-tertiaire.	»	»		»	5.500	1
Tertiaire.	»	»		»	11.000	2
Mésozoïques.						
Crétacé.	1.200	6.000	+	1.200	7.200	4
Jurassique.	1.000	5.000	+	4.200	9.200	
Triasique.	1.000	5.000	+	2.400	7.400	
Paléozoïques.						
Carbonifère.	125	600	+	14.600	15.225	14
Dévonien.	100	500	+	14.300	14.800	
Silurien supérieur.	600	3.000	+	6.760	9.760	
Silurien inférieur.	6.200	31.000	+	8.400	39.400	
Base du silurien inférieur. .	6.000	30.000	+	1.600	31.600	
Terrain de Postdam.	200	1.000	+	6.800	7.800	

Les terrains paléozoïques sont très-développés dans l'Amérique du Nord, particulièrement autour des monts Appalaches, et l'on voit, par le tableau précédent, que les durées du silurien proprement dit, du dévonien et du carbonifère sont représentées par les rapports 6 $\frac{1}{4}$: 2 : 2 qui diffèrent assez peu de 3 : 1 : 1.

Les terrains mésozoïques sont incomplétement développés dans l'Amérique du Nord; car à l'ouest de ce continent, où ils le sont le plus, leur puissance ne dépasse pas 5.000 pieds. Aussi M. Dana adopte-t-il pour leurs épaisseurs les maxima de celles qui ont été observées en Europe, et spécialement en Allemagne.

Les rapports entre les durées du triasique, du jurassique, du crétacé, sont alors exprimés par les nombres 1 : 1 $\frac{1}{4}$: 1.

Entre les terrains paléozoïques proprement dits et mésozoïques, le rapport est ÷ 79 185 : 23 800, c'est-à-dire à peu près ÷ 3 : 1. Si l'on adoptait les nombres, d'ailleurs peu vraisemblables qui ont été donnés par Alcide d'Orbigny pour le crétacé d'Europe, ce rapport serait seulement ÷ 2 : 1.

Enfin, en procédant de même pour les terrains caïnozoïques, on trouve que l'épaisseur maximum des couches éocènes d'Europe est environ de 3.000 pieds, dont une portion est formée de calcaire; d'un autre côté, le miocène et le pliocène de la Suisse ne contiennent pas moins de 7.000 à 8.000 pieds; par conséquent, il est vraisemblable que la durée du terrain tertiaire n'était guère que le tiers de celle du terrain mésozoïque.

Relativement à l'époque post-tertiaire, nos connaissances sont encore trop incomplètes pour qu'il soit possible d'arriver à une estimation quelque peu exacte de sa durée, et il convient plutôt de l'évaluer par l'approfondissement des vallées que par l'épaisseur des couches qui lui correspondent (1). M. Dana pense même que ces dernières sont relativement peu importantes, sans doute parce maintenant la surface terrestre est moins sujette aux oscillations que cela n'avait lieu précédemment. Cependant il admet, d'après l'importance des vallées, des fiords et des gorges creusées pendant l'époque post-tertiaire, que cette dernière a été, pour le moins, moitié aussi longue que l'époque tertiaire.

En résumé, bien que, par leur nature même, les calculs qui précèdent ne comportent pas de précision et soient même fort hypothétiques, ils ont cependant l'avantage de permettre une com-

(1) *Revue de géologie*, I, 20.

raison des énormes durées qu'embrassaient les époques géologiques. D'après la méthode suivie, on peut d'ailleurs admettre, avec M. Dana, que les durées des époques paléozoïques, mésozoïques, ainsi que des deux époques caïnozoïques, sont représentées approximativement par les nombres :

$$14 : 4 : 2 : 1.$$

EXTRAITS DE GÉOLOGIE

POUR L'ANNÉE 1862.

Par M. LAUGEL,

Ancien ingénieur des mines.

TERRAINS.

PALÉONTOLOGIE.

Ouvrages français.— Dans le courant de cette année, la *Paléon-
·logie française* (1) s'est enrichie de plusieurs livraisons: l'une
elles est consacrée par M. Deslongchamps aux brachiopodes
ı terrain jurassique; M. Cotteau y a continué la description
ɜs échinides irréguliers du terrain crétacé, et M. de Fromentel
ɜst appliqué à en faire connaître les zoophytes.

M. Deshayes poursuit son important travail de la description
ːs *Animaux sans vertèbres du bassin de Paris*. Quarante-sept
'raisons ont paru jusqu'à présent.

M. Pictet a terminé la première série de ses *Matériaux pour
paléontologie Suisse.*

M. Albert Gaudry (2) continue la publication de ses «*Animaux
ɪsiles de l'Attique.*» Cet ouvrage, sur lequel nous reviendrons
ɪs loin, donne la description des carnivores, des rongeurs, des
ɜntés, des pachydermes. Des planches d'une belle exécution re-
ɜsentent très-exactement ces fossiles.

ʌ. Alphonse Milne Edwards (3) a publié un mémoire sur la
:ribution géologique des oiseaux. L'histoire paléontologique de
te classe d'animaux n'a pas fait les mêmes progrès que celle des
mmifères, des reptiles et des poissons, parce que les débris d'oi-
ɪx sont rares dans les terrains, et leurs particularités ostéologi-
s moins tranchées que celles qui se remarquent dans les diffé-
ts types des mammifères.

Paléontologie française, 1862.
Animaux fossiles de l'Attique, par Albert Gaudry.
Mémoire sur la distribution géologique des oiseaux fossiles.

En 1835, M. Deane annonça à M. Hitchcock qu'il avait dé- couvert dans la vallée du Connecticut des traces de pas produites sans doute par des oiseaux M. Hitchcock reconnut que ces empreintes montrent bien le même nombre d'articulations que l'on trouve uniquement chez les oiseaux, c'est-à-dire deux phalanges pour le pouce, trois pour le doigt interne, quatre pour le médian, cinq pour l'interne. D'après cela, il créa un certain nombre de types et de genres; toutefois l'existence des oiseaux dans le trias de la vallée du Connecticut n'est pas encore un fait complétement acquis à la science, et des doutes sont restés dans l'esprit de beaucoup de naturalistes.

La découverte d'un oiseau fossile dans les calcaires jurassiques de Solenhofen leur donna aussi quelque embarras, à cause de l'étrangeté de ses caractères ostéologiques. En 1861, M. Hermann von Meyer annonça la découverte, dans les schistes lithographiques, d'une empreinte de plume; il attribua l'animal qui la portait à une espèce qu'il nomma Archæopterix lithographica. Ce remarquable fossile fut acquis par le British Museum, et M. Owen en a fait une description nouvelle dans le Journal de la Société royale de Londres (1). On aperçoit très-bien les pattes postérieures, la presque totalité des membres antérieurs, ainsi qu'une partie du bassin; ce dernier donne naissance à un prolongement caudal, tout à fait extraordinaire, qui est formé de vingt vertèbres et porte une série de plumes. Par sa queue, le fossile de Solenhofen diffère de tous les oiseaux connus; mais par le reste de sa conformation, il se rapproche complétement de cette classe de vertébrés. L'Archæopterix peut être considéré comme un représentant de l'état embryonnaire des oiseaux; ainsi se confirmerait, pour les oiseaux, une idée profonde suggérée à M. Agassiz par l'étude des poissons.

Dans le terrain crétacé, on n'a trouvé que bien peu de restes authentiques d'oiseaux : à l'époque tertiaire, cette classe offre au contraire de nombreux représentants, toutefois peu d'espèces ont été l'objet d'études sérieuses. On trouvera dans le mémoire de M. Alph. Milne Edwards une nomenclature complète de toutes les découvertes faites dans les terrains tertiaires, et dans les terrains modernes.

Il résulte de ces découvertes que les oiseaux des terrains miocènes ne différaient que peu de ceux de notre époque. Cependant quelques familles, telles que celle des Phenicopteridæ, qui ne comptent plus qu'un petit nombre de représentants, étaient alors

(1) *Proceed. Roy. Soc.*, 1862, t. XII, p. 272.

ombreuses en genres et en espèces. A l'époque quaternaire, toute
ı faune ornithologique s'est montrée, et les espèces que nous ne
etrouvons pas ont probablement été détruites par l'homme.

M. Alph. Milne-Edwards (1) continue également ses études
ur les crustacés fossiles, et il a donné la description des Cancériens
e la famille des Xanthides ainsi que des Cancérides. Parmi les pre-
niers, le genre Xanthopsis paraît caractéristique de l'époque éocène;
n en trouve des représentants dans l'argile de Londres, dans le
assin parisien, dans le terrain nummulitique de la France et de
Allemagne; aucune espèce ne paraît avoir vécu pendant la période
niocène. Le genre Xanthosis se trouve dans le Greensand et prouve
ne fois de plus que les crustacés supérieurs se sont montrés
ongtemps avant l'époque tertiaire. L'existence du genre Caloxan-
hus dans le grès vert de la Sarthe confirme encore ce fait.

Le genre Titanocarcinus comprend des espèces crétacées à côté
'espèces tertiaires.

Parmi les Cancérides, il en est de tertiaires qui se rapportent au
nême genre que le Cancer pagurus ou Tourteau de nos côtes, et il
n est d'autres, propres au terrain nummulitique d'Égypte, qui
onstituent le genre éteint Lobocarcinus, remarquable par ses
ormes extérieures.

Enfin, indiquons encore un catalogue systématique de la belle
ollection paléontologique du *Musée Teyler* qui est publié à Har-
m par M. T. C. Winkler.

Ouvrages anglais. — La Société paléontographique de Londres
oursuit activement ses travaux. Voici les monographies qui sont
voie de publication ou de préparation :

Les Plantes houillères, par M. le professeur Morris.
Les Foraminifères du Crag, par MM. Rupert Jones et Parker.
Les Foraminifères de la craie, par les mêmes auteurs.
Les Graptolites, par M. Wyville Thomson,
Les Échinodermes du Jura et de la craie, par M. Wright,
Les Entomostracés du Jura, du Purbeck et du Weald, par M. Ru-
rt Jones.
Les Trilobites du calcaire de montagne, du dévonien et du silu-
n, par M. Salter.
Les Polyzoaires de la craie, par M. Busk.
Les Brachiopodes dévoniens et siluriens, par M. Davidson.
Les Mollusques éocènes, univalves et bivalves, par MM. Ed-
rds et Wood.

---

(1) *Annales des sciences natur. Zoologie*, [4], t. XX, p. 273, et [5], t. I, p. 1. (D).

Les Mollusques crétacés (sauf les brachiopodes), par MM. Wilt-shire et Woodward.

Les Fossiles carbonifères (sauf les coraux, brachiopodes et trilo-bites), par M. Melville.

Les Reptiles fossiles, par M. Owen.

Les Poissons placoïdes du calcaire de montagne, par M. Mel-ville.

Les Éléphants fossiles, par M. Falconer.

Le volume pour 1861, le dernier qui ait paru, contient : les Échi-nodermes fossiles par M. Wright, et un Supplément aux Mollusques de la grande oolite, par M. Lycett.

Dans l'Inde Anglaise, les mémoires du *Geological Survey* se sont enrichis d'un nouveau volume paléontologique, où M. Blanford (1) a entrepris la description des céphalopodes fossiles trouvées dans la craie de l'Inde méridionale (bélemnites, nautiles, ammonites).

Aux États-Unis, nous avons à signaler un de ces rapports faits par M. James Hall (2) aux Régents de l'Université de New-York, rapports annuels où se trouvent résumées les découvertes paléon-tologiques de cet observateur laborieux. Les fossiles décrits cette année appartiennent aux groupés siluriens dits du Helderberg su-périeur, Hamilton et Chemung.

Les Gastéropodes et les Ptéropodes sont représentés par : Platy-ceras (18 espèces), Platyostoma (2), Strophostylus (1), Pleurotoma-ria (10), Cyclonema (3), Macrocheilus (3), Murchisonia (3), Loxo-nema (6), Evomphalus (3), Bellerophon (8), Phragmoceras (1), Cyr-tolites (2), Theca (1), Conularia (1).

Les Céphalopodes se rapportent aux genres Clymenia (2), Troch-ceras (1), Gyroceras (8), Cirtoceras (4), Aploceras (1), Gonyche-ceras (1), Orthoceras (14).

Le même volume contient une notice sur les trilobites et autres crustacés des mêmes formations. Les savants qui ont décrit des tri-lobites américains, particulièrement de l'État de New-York, sont M. Stokes, Dr Bigsby, Dr de Kay, Dr Jacob Green (3), le pro-fesseur Eaton. M. Conrad, attaché aux travaux de la carte géo-logique de l'État de New-York, fait connaître plusieurs espèces dans ses rapports annuels, et d'autres, celles qui se rapportent au silurien inférieur et supérieur, ont été publiées dans les 2e et 3e volumes du grand ouvrage sur la paléontologie de New-York.

---

(1) *Paleontologica Indica. — The fossil cephalopods of the cretaceous rocks of outhern India*, par M. H. F. Blanford. In-folio. — Calcutta, 1861.

(2) *Fifteenth Annual Report of the University of New-York.* — Albany. 1862

(3) *Monograph of the Trilobites of North America*, by Jacob Green. 1832

Les espèces reconnues jusqu'ici dans les groupes supérieurs, qui correspondent au dévonien d'Europe, rentrent dans les genres suivants : Calymène (1), Dalmania (14), Phacops (5), Proetus (15), Lichas (2), Beyrichia (1), Leperditia (3).

Les Crinoïdes sont représentés dans le même terrain par : Édriocrinus (1), Cheirocrinus (1), Ancyrocrinus (genre nouveau, 2 espèces), Platycrinus (2), Potériocrinus (6), Cyathocrinus (1), Forbesiocrinus (2), Rhodocrinus (4), Trematocrinus (1), Actinocrinus (6), Megistocrinus (2), Cacabocrinus (7), Myrtillocrinus (1), Haplocrinus (1), Nucleocrinus (6), Pentrémites (5), Éleuthérocrinus (1), Codaster (1).

Cette riche faune dévonienne, où paraissent une foule d'espèces inconnues en Europe et même quelques genres spéciaux aux États-Unis, mérite l'attention des naturalistes.

M. James Hall (1) a publié aussi une très-belle monographie du genre Eurypterus, genre de crustacé allié aux limules, dont les restes se rencontrent dans des couches appartenant au groupe l'Helderberg inférieur, et par conséquent à la partie la plus élevée du silurien; ces crustacés, très-remarquables à cause de leur âge, sont représentés par plusieurs espèces : M. Hall a créé pour certains de leurs représentants un sous-genre nommé Dolichepterus.

Enfin, M. Hall (2) a donné de nouveaux et curieux détails sur l'appareil intérieur de certains Brachiopodes paléozoïques, notamment pour les genres Cryptorella, Centrenella, Meristella et les formes qui leur sont alliées.

Ouvrages allemands. — En Allemagne, nous avons à signaler parmi les publications de la Palœontographica, divers mémoires de M. H. de Meyer, l'un, relatif au Pterodactylus micronyx des schistes lithographiques de Solenhofen, l'autre relatif à l'Archæopterix lithographica des mêmes couches; depuis, cet animal intéressant a aussi été étudié d'une manière toute particulière par M. Richard Owen.

L'Ichtyosaurus Rœmeri, saurien du minerai de fer de la craie inférieure de Gross-Döhren, Chimæra (ganodus) avita des schistes lithographiques d'Eichstätt, et la tête d'un Belodon du Keuper supérieur; enfin les décapodes tertiaires des Alpes, d'Œningen et du Taunus, ont été également décrits et figurés par le même auteur. Les autres monographies de ce recueil comprennent : les Verté-

(1) *Contributions to Palæontology.*
(2) *Transaction Albany Institute.* Séance du 3 février 1863.

brés des lignites du Rhin inférieur, de la Wetteravie et du Rhin, par M. C. de Heyden.

Les Névroptères des couches lithographiques de Bavière, par M. A. Hagen.

Les Mollusques des formations tertiaires de Cassel, par M. C. Speyer.

Les Fossiles de la Thuringe, d'après les matériaux de la collection ducale du cabinet d'histoire naturelle de Gotha, par M. A. Hellmann.

Les Actinozoaires et les bryozoaires du calcaire carbonifère du gouvernement de Perm, par M. R. Ludwig.

En outre, M. Maurice Hornes (1) a terminé la description des mollusques du bassin tertiaire de Vienne.

Ouvrages italiens. — En Italie, l'abbé Stoppani (2), avec le concours de plusieurs savants, a entrepris la description des fossiles de la Lombardie. Ce grand ouvrage sera divisé en monographies par terrains et par localités. Le savant professeur de Parme a déjà terminé ce qui concerne les fossiles d'Ésino et de Lenna. Ces fossiles appartiennent au dépôt triasique supérieur, et rentrent dans les Gastéropodes, les Acéphales, les Brachiopodes, les Crinoïdes et les Amorphozoaires. L'abbé Stoppani a presque achevé la description des fossiles des couches lombardes à Avicula contorta. Celle des mammifères fossiles du nord de l'Italie a été confiée à M. E. Cornalia, qui a commencé la publication de ce travail.

PALÉOPHYTOLOGIE.

Dans l'état actuel de la science, on connaît, d'après M. A. Stiehler (3), 484 espèces de végétaux monocotylédones fossiles. L'époque miocène en a fourni le plus grand nombre (299 : le terrain éocène n'est représenté que par 64 espèces, le pliocène par ..., le terrain carbonifère par 16, le Roth liegende par 12; tous les autres terrains ont moins de 10 espèces.

La liste de M. Stiehler montre quels progrès rapides la botanique fossile a faits dans ces derniers temps : car on pensait d'abord que les plantes monocotylédones manquaient dans les terrains

(1) *Die Fossilen Mollusken, etc.*, 1851-1863. In-folio, 14 livraisons avec ...

(2) *Paléontologie lombarde.*

(3) *N. Jahrbuch.*, von Leonbard und Geinitz, 1862, p. 47.

antérieurs à la craie, et de nouvelles recherches ont permis de rectifier cette idée erronée.

On croyait aussi que dans les anciennes végétations terrestres, les graminées et les cypéracées n'avaient point de représentants, mais les faits ont également contredit cette opinion.

Il faut remarquer que les anciennes faunes ressemblaient beaucoup à la faune actuelle de l'Australie; d'un autre côté les familles des monocotylédones qui ont la prééminence dans les terrains silurien et carbonifère ont conservé la même importance dans la Nouvelle-Hollande: le monde végétal peut donc être invoqué aussi bien que le monde animal, pour démontrer que les formes organiques de cette partie du globe ont dès longtemps subi une sorte d'arrêt de développement.

Passage des espèces d'un terrain dans un autre.— Nous avons déjà fait remarquer précédemment que les géologues se trouvent conduits à abandonner l'opinion longtemps accréditée qui repoussait d'une manière absolue toute idée de mélanges et de communautés d'espèces entre les divers terrains Quelques observations nouvelles nous ramènent encore une fois sur ce sujet.

M. Dupont (1), après avoir étudié avec soin tout le bassin carbonifère compris entre l'Escaut et la Roer, a signalé à la base de ce terrain des calcaires (assise d'Etrœungt), dans lesquels on observe à la fois des fossiles dévoniens et des fossiles carbonifères. Il a reconnu une liaison intime entre les faunes des cinq assises qu'il place depuis la base du calcaire carbonifère jusqu'au calcaire de Visé. On croyait jadis qu'il y avait une séparation tranchée entre la faune de Tournay et celle de Visé; mais c'est qu'on ne connaissait pas les faunes intermédiaires de Waulsort et de Namur. Il est juste d'ailleurs de rappeler que M. J. Gosselet avait déjà indiqué le mélange des fossiles dévoniens et carbonifères au contact de ces deux terrains. Ainsi les travaux des paléontologistes paraissent montrer qu'il peut y avoir des passages gradués d'une faune à une autre.

---

(1) *Sur le calcaire carbonifère de la Belgique et du Hainaut français.*

TERRAINS PALÉOZOIQUES.

TERRAIN SILURIEN.

Dans la Revue précédente (1), nous avons cherché à résumer les discussions relatives aux terrains les plus anciens de l'Amérique, notamment à celui que le docteur Emmons a nommé *taconique.* Nous disions qu'on s'était trompé en plaçant les couches taconiques à la partie la plus élevée du silurien ; comme l'avait affirmé au début le docteur Emmons, ces couches devaient bien être ramenées à la base de ce terrain. Seulement devaient-elles simplement y prendre place au-dessus des grès de Potsdam, ou avec les grès de Potsdam, ou bien la géologie devait-elle les élever à la dignité d'un terrain spécial, antérieur au silurien ? C'est en ces termes que la question se pose encore aujourd'hui.

Parmi les nouveaux documents destinés à l'éclairer, nous devons signaler une note de M. J. Barrande (2), qui renferme une lettre de M. Hall, le paléontologiste de l'État de New-York et une liste des fossiles du terrain taconique de l'Amérique du Nord par M. Marcou (3). Cette liste complète celle que M. Barrande avait donnée dans sa première analyse des mémoires relatifs au terrain taconique.

Ce terrain contiendrait, d'après M. Marcou, jusqu'à 100 espèces de tribolites, gastéropodes, brachiopodes, crinoïdes et coraux. Plus de 50, c'est-à-dire plus de la moitié, appartiennent à la grande famille des tribolites. En y ajoutant les graptolites, les bryozoaires, les plantes, on arriverait sans doute à 150 espèces primordiales, ce nombre est destiné à s'accroître rapidement.

Jusqu'à présent on n'a trouvé aucune espèce taconique qui soit, avec certitude, identique à une espèce primordiale européenne; la faune américaine montre cependant les mêmes genres: paradoxides, conocephalites, olenus, arionellus, lingula, orthisina, pulus, etc.

La faune taconique diffère même d'un point à l'autre des États-Unis; elle n'est pas au Canada et dans la Nouvelle-Angleterre qu'elle est au Texas, dans les montagnes Rocheuses et dans

---

(1) *Revue de géologie*, II, 177.
(2) *Bulletin géologique*, 1862, p. 721.
(3) *Bulletin géologique*, 1862, p. 746.

vallée du haut Mississipi, pas plus que la faune primordiale ne reste tout à fait identique en Bohême, en Scandinavie, en Angleterre et en Espagne.

Si loin donc qu'on s'enfonce dans le passé, on ne retrouve nulle part cette similitude absolue que la paléontologie s'est quelquefois laissé entraîner à admettre dans les faunes de la même période.

Parmi les mémoires qui ont servi à M. Marcou pour composer sa liste des fossiles du terrain taconique, nous devons citer ceux de M. Billings (1) et de M. Hayden (2) qui a décrit les grès des Black Hills, près des montagnes Rocheuses dans les territoires nord-ouest des États-Unis.

Les paléontologistes du Canada, MM. Logan, Billings, Chapman, placent le groupe dit de Québec au-dessus des grès de Potsdam. Dans leurs derniers rapports (3), ils ont subdivisé le terrain silurien en 3 parties, inférieure, moyenne et supérieure.

On peut résumer dans le tableau suivant la coupe des formations palézoïques canadiennes, appartenant au silurien inférieur. Les couches sont indiquées en allant de bas en haut.

1° *Groupe de Potsdam.* — On a rapporté à ce groupe certains schistes inférieurs des lits de Québec, ainsi que des conglomérats et des schistes avec dolomies et trapps de la vallée dans laquelle coule la rivière de Kaministiquia, et enfin les grès placés sous la zone cuivreuse, aux bords du lac Supérieur. Ces grès renferment, outre un Scolithus problématique, la Lingula acuminata (Conrad), des traces qui sont rapportées à des crustacés, Protichnites alternans (Owen), Climactichnites Wilsoni (Logan).

2° *Groupe de Québec.* — A leur état normal, les couches de ce groupe consistent en calcaires dolomitiques gris, avec couches de grès. Les fossiles y sont rares; le plus commun est l'Ophileta compacta (Salter). On y trouve aussi des empreintes de Scolithus C'est dans le Canada que les roches dérangées et altérées ont reçu plus spécialement le nom de Roches de Québec, mais on comprend ordinairement sous ce nom quelques couches appartenant à la formation n° 3. M. Billings a le premier rabaissé l'horizon de ces couches, longtemps, avons-nous dit, mises en parallèle avec le groupe n° 6. Elles consistent en schistes de diverses couleurs, très-épais, avec lits de dolomies, de calcaires et de grès. Elles renferment des graptolites, des brachiopodes, des trilobites et autres fossiles. Les

(1) *Geological Survey of Canada.* — Montréal, 1861 et 1862.
(2) *Silliman's Journal*, vol. XXXIII, p. 68.
(3) *Geology of Canada.* — Montréal, 1862.

plus communs sont : Graptolithus Logani (Hall), Phyllograpsus typus (Hall), Bolelia pretiosa (Billings), Lingula Quebecensis (Billings), Conocephalites Zenkeri (B.), Bathyurus Saffordi (B.). Les lits qui se rencontrent sous cette forme près de Québec et de Pointe-Lévis, deviennent très-métamorphiques dans les régions plus méridionales, et ils y ont subi des dérangements très-remarquables.

3° *Formation de Chazy.* — Elle consiste, dans le Canada, en calcaires gris avec schistes et grès calcaires : les calcaires sont souvent dolomitiques. Les fossiles les plus communs sont : Leperditia canadensis (Jones), rhynconella plena (Hall), Stenopora fibrosa (Gold.), Bolboporites americanus (Billings), Lingula Lyellii (Billings), Bathyurus Angelini (Billings).

4° *Groupe de Trenton.* — Dans l'État de New-York, ce groupe a été subdivisé en trois formations, dites calcaires de Bird's Eye, de Black-River et de Trenton ; mais dans le Canada, on n'a pas maintenu cette séparation. Les couches qui composent ce groupe sont principalement formées de calcaires gris ou noirs, plus ou moins bitumineux, très-fossilifères en général. Voici les membres les plus importants de cette riche faune : Tetradium fibratum (Saff.), Columnaria alveolata (Goldfuss), Stromatopora rugosa (Hall), Stictopora (?) ... clurea Logani (Hall), Ormoceras tenuifilum (Hall), Ormoceras crebriseptum ... ceps (Hall), Lituites undatus (Hall), Cyrtoceras annulatum, Gomphoceras præmaturum (Billings), Oncoceras constrictum (Hall), Stenopora (Goldfuss), Petraia cornicula (Hall), Glyptocystites Logani (Billings), Agelocrinites Billingsii (Chapman). Lingula quadrata (Hall), orthis testudinaria (Dalman), O. pectinella (Conrad), O. tricenaria (Conrad), O. lynx (Eichwald), Strophomena alternata (Conrad), Rhynconella increbescens (Hall), Camerella hemiplicata (Billings), Murchisonia gracilis (Hall), M. subfusiformis (Hall), conularia Trentonensis (Hall), Orthoceras lateralis (Hall), O. bilineatum (Hall), trinucleus concentricus (Eaton), Endoceras proteiforme (Hall), Asaphus platycephalus (Stokes), Illænus crassicauda (Hall), Ceraurus pleurexanthemus (Green).

5° *Formation d'Utica.* — Elle comprend des schistes bitumineux noirs avec quelques couches calcaires. Les fossiles caractéristiques sont : Graptolithus pristis (Hisinger), Lingula obtusa (Hall), Triarthrus Beckii (Green), Asaphus canadensis (Chapman).

6° *Formation de la rivière Hudson.* — Composée principalement de schistes arénacés avec graptolithus bicornis (Hall), graptolithus ramosus (Hall), leptæna sericea (Sow.), ambonychia radiata (Hall)

modiolopsis modiolaris (Conrad), cyrtolites ornatus (Conrad), orthoceras crebriseptum (Hall), calymene Blumenbachii (Br.).

Les Géologues Canadiens rangent dans le même groupe les *couches calcifères du lac Supérieur*, qui sont au sommet de la série cuivreuse de cette région, série dont le grès de Potsdam forme la base. Ces couches calcifères consistent en grès quartzeux, en conglomérats, en calcaires et schistes, avec lits trappéens. Leur épaisseur est extraordinaire.

Les tentatives faites pour mettre les couches canadiennes des terrains les plus anciens en parallèle avec les couches classiques de l'Angleterre, n'ont pas encore été complétement heureuses. Il est peut-être impossible de fixer un parallélisme exact entre des assises aussi éloignées; le problème d'ailleurs soulève, en même temps qu'une question stratigraphique, une question paléontologique. Or, sur ces deux points, il reste encore des incertitudes dans la classification même qui vient d'être exposée. 1° Le groupe de Québec, que les Canadiens mettent au-dessus du grès de Potsdam, est, par M. Marcou, placé au-dessous de ce dernier; 2° les géologues Canadiens mettent paléontologiquement le groupe de Québec au niveau du calcaire de Chazy et du groupe calcifère; mais dans la riche faune du groupe de Québec, il n'y a peut-être pas dix espèces identiques à celles de ces groupes. Les géologues Canadiens supposent qu'il y avait à cette époque différentes provinces animales dans les mers siluriennes; toutefois l'on explique à peine ainsi qu'il y ait si peu de points de contacts entre la faune de Québec et celles des groupes auxquels on l'assimile. Ce qui paraît certain, c'est que la faune de Québec offre un mélange de ce que l'on nomme en Europe, depuis les beaux travaux de M. Barrande, la faune primordiale et la faune seconde; mais le fait même de ce mélange contribue à en rendre la position paléontologique assez incertaine.

Malvern-Hills. — M. le docteur Grindrod (1) vient de réunir une belle collection des fossiles siluriens des collines Malvern, et notamment du tunnel qui a été récemment creusé à travers cette chaîne. Voici la coupe des terrains dont elle est formée en allant de bas en haut :

1° Roches syénitiques, formant le noyau des collines Malvern.

2° Grès de Hollybush, appartenant au terrain cambrien et ren-

(1) Notes personnelles de M. Laugel.

fermant des corps sinueux attribués par quelques géologues à des Annélides.

3° Schistes noirs, avec Olænus, Pecten, Agnostus pisiformis, Obolella, petite Lingule, Dictyonema sociale, etc.

4° Grès de Llandovery, formé à la base de conglomérat rouge et renfermant Pterinea retroflex, Ctenodonta æquivalvis, Cirhombœdra, Lingula parallela, Conulites serpularius, Orthis calligramma, Petraia subduplica, Pentamerus oblongus, Orthocères, etc. Il présente au sommet un grès gris avec gros Pentamères, Strophomena filosa, Fucoides gracilis, etc. (Equivalent du grès de May-Hill.)

5° Calcaire de Woolhope.

6° Schistes de Woolhope, renfermant des Trilobites dont l'état de conservation est admirable.

7° Calcaire de Wenlock, avec la plupart des fossiles connus de cette formation.

8° Formation de Ludlow, contenant également les fossiles caractéristiques de cet étage.

TERRAIN DÉVONIEN.

Flore. — Une flore dévonienne a été découverte depuis plusieurs années dans diverses parties de l'Amérique du Nord, et M. Dawson (1) en a décrit les caractères, en étudiant les collections de M. Hall pour l'État de New-York, celles de MM. Jackson et Hitchcock pour le Maine.

Au Canada, les plantes dévoniennes se trouvent à Gaspé, à Kettle-Point, ainsi que dans le Nouveau-Brunswick, aux environs de Saint-Jean. Cette flore, composée jusqu'ici de soixante espèces, ressembleà la flore carbonifère par l'abondance des gymnospermes et des cryptogames; elle renferme à peu près les mêmes genres. Quelques espèces établissent même un lien entre ces deux terrains, mais il est moins étroit que celui qui rattache les deux portions du terrain carbonifère. Les conditions dans lesquelles se sont déposées les plantes dévoniennes différaient sous certains rapports de celles qui ont présidé à la formation des couches de houille : car quand on rencontre des couches semblables aux argiles sur lesquelles repose la houille (*underlays*), elles sont remplies, non de *stigmaria*, mais de rhizomes de *Psilophyton*; et ce n'est que dans

(1) *Quart. Journ.*, p. 296; 1862.

le haut du dévonien qu'on trouve de telles stations avec des Sigillaria et des Calamites, comme dans le terrain houiller. Un grand nombre de plantes dévoniennes se rencontrent dans des lits marins. On peut donc estimer que notre connaissance de la flore dévonienne est beaucoup moins complète que celle de la flore carbonifère : malgré cela, cette flore ne paraît point le céder à la précédente; elle se rapproche au contraire davantage des flores de la période secondaire et de celles des îles tropicales et australes actuelles. M. Dawson en infère que l'on découvrira sans doute un jour une faune terrestre en rapport avec la flore dont il a décrit quelques caractères, d'après les restes qui sont arrivés jusqu'à nous.

Écosse. — M. Harkness (1) a fait connaître la succession des couches du vieux grès rouge dans le sud du Perthshire, en Écosse. À Bridge-of-Allan, les lits inférieurs de la formation sont des conglomérats trappéens recouverts de grès gris passant par en haut du grès rouge. M. Powrie a trouvé dans ces grès gris un Pteraspis (peut-être un Pt. rostratus) et des fragments de Cephalaspis. Au-dessus immédiatement viennent des schistes pourprés (à Craigrvhall); puis les grès bruns de Downe-Castle; et enfin, à Laurick, de nouveaux grès gris. Toutes ces couches inclinent vers le nord-ouest, comme on le voit aux bords de la Teith. De Laurick à Callander, elles plongent au sud-est et forment le côté opposé d'une voûte anticlinale. A Callander, le conglomérat est en couches presque verticales qui s'appuient contre les roches du silurien inférieur des Grampians, dont il est cependant séparé par des trapps. M. Harkness attribue à cet ensemble de couches du grès rouge une épaisseur de 2,100 mètres.

L'examen de plusieurs coupes dans l'Old-Red Sandstone, à Whiteness, près Arbroath, et dans d'autres localités, a amené M. Powrie (2) à déclarer qu'il y a une discordance de stratification entre l'Old-Red inférieur et l'Old-Red supérieur; mais cette discordance ne se voit dans aucune autre partie du Forfarshire, pas plus que dans le Fifeshire et le Perthshire. Les grès de Dura-Den reposent en concordance sur les grès rouges inférieurs; et malgré ce défaut de parallélisme, M. Powrie pense qu'ils appartiennent encore à la série du vieux grès rouge. Dura-Den a fourni huit espèces de poissons fossiles appartenant à six genres bien distincts, Holopty-

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 559.
(2) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 427.

chius, Glyptolaemus, Phaneropleuron, Pterichthys, Glyptopomus et Glyptolepis. Les caractères tout particuliers de ces poissons contribuent encore à séparer les couches de Dura-Den, dans lesquelles on ne rencontre d'ailleurs aucune plante des couches carbonifères.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

Faune. — M. **Dawson** a trouvé en Nouvelle-Écosse des débris de reptiles dans le terrain houiller de South-Joggins. Après les avoir étudiés d'une manière sommaire, il les envoya à Londres à M. **Owen** (1), qui en a fait la description détaillée et les rapporte aux espèces suivantes :

Hylonomus Lyelli Dawson.	Hylonomus aciedentatus Daws.
Hylonomus Wymanni Dawson.	Hylerpeton Dawson Owen.
Dendrerpeton Acadianum Owen.	

Hylonomus a la dentition d'un petit reptile qui se serait nourri d'insectes ou de vers. Dendrerpeton a un crâne large et écrasé; se rapproche plus des labyrinthodontes que le genre Archegosaurus. Hylerpeton est très-voisin par la tête des poissons ganoïdes; il en est de même pour Dendrerpeton et pour Hylonomus. Aucun de ces genres ne peut être rapproché de ceux qu'on trouve dans la formation jurassique et dans les formations postérieures; ils forment un ordre particulier de reptiles, les Goniocéphales.

Dans le même bassin carbonifère, M. **Marsh** (2) a signalé la découverte d'un nouveau reptile énaliosaurien, qu'il nomme Eosaurus acadianus. Cette espèce n'est fondée que sur les vertèbres. M. **Agassiz**, qui les a examinées, a reconnu, comme M. Marsh, qu'elles proviennent d'un animal intermédiaire entre les poissons et les reptiles.

— MM. **John Morris** et **George L. Roberts** (3) ont étudié la distribution géographique des poissons du calcaire carbonifère. Les matériaux qu'ils ont employés pour ce travail ont été fournis, pour ce qui concerne les espèces Britanniques, par MM. **Agassiz** et **Mac Coy**; pour la Belgique, par de **Koninck**; pour la Russie, par M. **d'Eichwald**. L'Irlande en a aussi donné, mais les espèces

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 238.
(2) *American Journal*, p. 1; 1862.
(3) *Qaurt. Journ. of the Geol. Soc. London*, vol. XVIII, p. 99.

ce pays, trouvées principalement aux environs d'Armagh, appartiennent à la collection de Lord Enniskillen et sont, pour la plus grande partie, encore inédites. Parmi les espèces anglaises signalées par les auteurs, nous mentionnerons celles qui proviennent d'Oreton et de Farlow près Ludlow dans le Shropshire (1). Ils font connaître aussi toute la série des couches dans cette région, depuis le grès rouge et les grès jaunes dits grès de passage, où sir Philip Egerton a trouvé Pterichthis macrocephalus, jusqu'aux couches les plus élevées du terrain carbonifère inférieur.

La liste de ces auteurs comprend 127 espèces ; elle a été revisée par le comte d'Enniskillen et par sir Philip Egerton ; en outre l'on a pu utiliser les remarques faites par M. Agassiz lors de son dernier voyage en Angleterre en 1859.

— Plusieurs paléontologistes ont déjà signalé dans les couches carbonifères la présence du genre Chiton, notamment MM. de Münster, de Koninck, de Rickholt, etc. M. Kirkby (1) vient d'en décrire quatre espèces nouvelles, trouvées dans le calcaire carbonifère inférieur de Settle en Yorkshire : Chiton Burrowienus, Chiton Colonatus et deux espèces non dénommées. Le nombre total des espèces connues s'élève aujourd'hui à 18.

— Après cinq ans de recherches, M. Davidson a terminé récemment sa monographie des Brachiopodes carbonifères (2). Il est à peine nécessaire que nous fassions ressortir l'importance de cette œuvre au point de vue paléontologique. Divers auteurs avaient élevé jusqu'à 250 ou 260 le nombre des espèces de Brachiopodes carbonifères, découverts dans l'Angleterre, l'Ecosse et l'Irlande. La savante critique de M. Davidson a repoussé un grand nombre de ces déterminations ; et il n'admet plus sur sa liste définitive que 113 espèces, dont 18 même restent encore douteuses. En retranchant ces 18 espèces incertaines, il n'évalue qu'à 95 les espèces bien déterminées qui se trouvent dans le terrain carbonifère Britannique. Les belles figures qui accompagnent le texte permettront aux géologues de tirer partie de ces consciencieuses études, et on nous saura gré de faire connaître les espèces les plus communes du terrain carbonifère :

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 233.
(2) *Fossil Brachiopodes of the British Islands*, vol. II.

Terebratula hastata.
Athyris Royssii.
— plano-sulcata.
— ambigua.
Spirifera striata.
— trigonalis ou bisulcata.
— glabra.
— lineata.
Rhynconella pleurodon.
Strophomena analoga.
Streptorhyncus crenistria.
Orthis resupinata.
Orthis Michelini.
Productus giganteus.
— semireticulatus.
— longispinus.
— pustulosus.
— scabriculus.
— fimbriatus.
— punctatus.
Chonetes hardrensis.
Discina nitida.

— Les fossiles carbonifères de l'Irlande ont été collectionnés [illegible] longtemps par sir A. R. Griffith, et en 1844 M. Fr. Mac Coy en fit une description complète. Cet ouvrage, dont la circula[illegible] a d'abord été restreinte à un petit cercle de personnes, [illegible] d'être mis dans la librairie ; on y trouvera les figures et les ca-ractères de 500 espèces, dont 450 étaient nouvelles au moment [illegible] l'ouvrage a d'abord été imprimé. Comme nous venons de le [illegible] pour ce qui concerne les Brachiopodes, M. Davidson avait été [illegible] duit à rejeter un grand nombre des espèces énumérées par M. C[illegible]

Flore. — Aux États-Unis, M. Lesquereux (2) continue [illegible] études sur les plantes houillères du nouveau continent ; son tra-vail critique et descriptif n'est pas encore achevé : nous en [illegible] connaître ultérieurement les résultats les plus importants.

Angleterre. — MM. Morris et Roberts (3) ont décrit une [illegible] de lits calcaires et de grès compris entre le vieux grès rouge [illegible] Shropshire méridional et le millstone grit qui forme la base [illegible] bassin houiller de Titterstone Clee. L'ouverture d'un chemin [illegible] fer perpendiculairement à la direction des couches, dans les [illegible] Hills d'Oreton et Farlow, a permis de vérifier la série suivante, allant de haut en bas :

Millstone grit reposant en discordance de stratification sur :
Argiles avec concrétions calcaires.
Calcaires marneux avec crinoïdes.
Argiles avec bandes ferrugineuses.

---

(1) *A Synopsis of the Character of the Carboniferous Limestone Fossils*, 29 planches. — Londres, 1862.
(2) *Silliman Journal*, 1862, vol. XXXIII, p. 206.
(3) *Quart. Journ.*, vol. XVIII.

Calcaires gris oolitiques, contenant des os palataux de poissons de grande taille.
Calcaire sableux et concrétionné.
Grès jaunes bréchiformes, lits de galets, lits sableux et grès. .
Grès jaunes avec Pterichthys.
Grès jaunes avec lits de galets et sables.

Sir Philip Egerton a décrit le Pterichthys macrocephalus provenant de ces grès. On a trouvé aussi deux espèces d'Holoptychius, dont l'une est sans doute nouvelle. Les dents palatales des couches calcaires supérieures se rapportent à Produs ramosus, à un Pœcilodus non encore décrit, aux genres Helodus, Psammodus, Cladodus, Cochliodus, Petalodus, Ctenoptychius. Avec ces dents on trouve des ichtyodorulites de grande taille, provenant des genres Ctenacanthus et Oracanthus.

L'examen de la faune invertébrée d'Oreton montre que le calcaire d'Oreton est à un horizon assez bas du calcaire de montagnes; la zone du Rhynconella pleurodon y est bien marquée; les Crinoïdes et les Bryozoaires y sont très-nombreux.

Hartz. — On trouve dans le Harz, auprès de Grund, sur les flancs d'une montagne nommée l'Iberg, formée par des calcaires blancs dévoniens, des calcaires noirs très-fossilifères, qui ne se montrent qu'en blocs détachés d'une assez faible épaisseur. M. F. A. Rœmer dans ses « Contributions à la connaissance géologique du nord-ouest de Harz » les a rapportés au calcaire carbonifère, malgré la rareté des Productus; car jusqu'ici on n'y a rencontré qu'un seul exemplaire de Productus cora, et ces brachiopodes jouent, on le sait, un rôle prépondérant dans le calcaire carbonifère de Visé et de Tournay. Mais en revanche les goniatites qui caractérisent aussi la faune de ces localités se sont retrouvées en abondance dans les calcaires noirs de l'Iberg. M. Trenkner (1) en a donné une nouvelle description; il a étudié leurs relations stratigraphiques avec les calcaires dévoniens et les schistes argileux carbonifères. Enfin, il a résumé leur faune dans un tableau où les Térébratules, les Orthocères, les Goniatites figurent pour le plus grand nombre d'espèces.

Iowa.— Les environs de Burlington (Iowa), dans l'Amérique du Nord, montrent le contact du terrain dévonien avec le terrain carbonifère et sont très-riches en fossiles carbonifères. M. Charles

(1) *Zeitschrift für die Gesamm. Wissensch.* Giebel et Heintz, p 1; 1862.

White (1) en a donné la description. Il a fait ressortir les analogie déjà signalées en Europe, entre la faune des lits dévoniens et cel des calcaires carbonifères qui dans cette région leur ont succé sans interruption brusque.

Les genres découverts à Burlington sont les suivants : 1 Crusta 4 Céphalopodes, 8 Gastéropodes, 13 Brachiopodes, 9 Lamellibra ches, 21 Echinodermes, 7 Coraux et Bryozoaires. Parmi les Brach podes, 7 espèces sont nouvelles et ont été décrites par M. Whi: M. James Hall a publié dans le même volume la description dé taillée des nouvelles espèces de crinoïdes trouvés dans les [illegible] carbonifères de la vallée du Mississipi et notamment dans celui de Burlington.

Production et répartition des bassins houillers.—M. Am[illegible] Burat (2), qui s'est occupé d'une manière spéciale de tout [illegible] concerne la houille, a publié plusieurs comptes rendus [illegible] sur la situation de cette industrie si importante

Relativement à la production de la houille, on peut obser qu'elle a doublé après chaque période de 12 à 14 ans. Ain[si] houillères françaises ont donné successivement :

	tonnes.		tonnes.
En 1789	250.000	En 1843	3.[illegible]
En 1815	950.000	En 1857	7.[illegible]
En 1830	1.800.000		

Voici, d'ailleurs, quelle est actuellement la surface co[nnue] d principaux bassins houillers du globe et leur production annue[lle]

	Surfaces des bassins houillers.	Production annuelle.
	Hectares.	Tonnes.
Iles-Britanniques	1 570.000	86.000.000
France	330:000	10.000.000
Belgique	150.000	10.000.000
Prusse, Saxe	300.000	12.000.000
Autriche, Bohême	120.000	2.500 000
Espagne	150.000	400.000
Amérique du Nord	30:000.000	20.000.000

La quantité de houille exploitée n'est pas, à beaucoup proportionnelle à la surface des bassins houillers qui la fourn[issent]. Comme le remarque M. Amédée Burat, le bassin de la [illegible]

(1) Boston. *Journal of Natural History*. p. 219 ; 1861.

(2) A. Burat : Comité des houillères françaises. Situation de l'industrie houillère. (D.)

dont la surface est seulement de 25.000 hectares, fournit plus du quart de notre production, bien que son étendue ne représente que la seizième partie de nos terrains houillers.

D'un autre côté, le bassin du Canada, qui représente environ le cinquième des terrains houillers de l'Amérique, est presque entièrement stérile; en sorte que la production du Nouveau-Monde est concentrée dans les bassins de la Pensylvanie et des Alleghanis.

La distribution des terrains houillers sur le globe est aussi très-remarquable, car ils sont accumulés dans la partie actuellement émergée de l'hémisphère nord. « Les plus étendus, dit M. Amédée Burat, sont concentrés dans le nord-ouest de l'Europe, entre les 49e et 56e parallèles. Dans ces limites, se trouvent compris les grands dépôts des Iles-Britanniques, de la Belgique, de la France et de l'Allemagne; à mesure que l'on s'avance de cette zone vers le sud, il y a une sorte de décroissance dans l'importance des bassins. Les petits bassins de l'Andalousie sont les derniers dans cette direction méridionale, car l'on n'en connaît pas un seul dans toute l'Afrique. Il semblerait donc qu'il y a incompatibilité entre les régions australes et le terrain houiller, si l'on n'avait récemment constaté son existence sur plusieurs points de l'Australie. »

« La même loi se remarque dans le Nouveau-Monde : l'Amérique du Nord nous offre l'exemple du plus grand développement des terrains houillers en étendue et en puissance; tandis qu'on n'a encore constaté sur toute la surface de l'Amérique du Sud, que le petit bassin de Sainte-Catherine. »

TERRAIN PERMIEN.

Faune. — La faune permienne, on le sait, n'est pas riche; M. Davidson (1) en a décrit tous les brachiopodes découverts jusqu'ici dans les Iles Britanniques, et leur nombre ne dépasse pas 19. Le Durham a fourni sous ce rapport les meilleures localités fossilifères. M. Davidson signale les ressemblances intimes qui unissent cette faune aux brachiopodes carbonifères. Pour l'ensemble des faunes permienne et carbonifère, cette ressemblance a été dès longtemps signalée : aussi M. Davidson n'hésite pas à considérer le terrain permien comme le dernier terme de la série paléozoïque et regrette-t-il l'introduction du mot *dyas* dans la géologie.

La faune permienne des Iles Britanniques comprend :

---

(1) *Brachiopods of the British Isles*, vol. II.

Terebratula elongata.
— sacculus.
Athyris Royssii.
Spirifera elata.
— Urii.
— cristata.
Camœrophoria crumena.
— globulina.
— humbletonensis.
Streptorhyncus pelargonatus.
Productus horridus.
— latirostratus.
Strophalosia Goldfussi.
— Morriviana.
Crania Kirkbyi.
Discina nitida.
Lingula mytiloides.

Angleterre. — Dans le Cumberland et dans le Westmoreland, le terrain permien est représenté par deux systèmes de grès séparés par des couches argileuses. M. Harkness en a indiqué plusieurs coupes où l'on voit cette formation en stratification discordante sur le terrain carbonifère; le grès inférieur, dans une section prise de Great Ormside à Romanfell, présente 600 mètres d'épaisseur, le grès supérieur 250 mètres. Aux approches de la chaîne pennine les couches permiennes plongent sous cette chaîne et sont adossées aux couches siluriennes presque verticales qui forment le massif inférieur de la montagne, recouvert par le conglomérat, le grès rouge et par les roches carbonifères. On a observé à Hilton-Beck des restes organiques dans les argiles qui séparent les grès inférieurs des grès supérieurs. Ce sont principalement des plantes de la famille des conifères. A Midderige, on en a retrouvé également, avec des Neuropteris et des Sphenopteris, et quelques formes qui ressemblent à celles que M. Geinitz a décrites dans son grand ouvrage sur le terrain permien saxon. On a trouvé aussi à Hilton des tiges de crinoïdes, des terebratula elongata (Schlotheim), et quelques bivalves indéterminables. Les couches argileuses peuvent donc être considérées comme formant la base du zechstein, et la masse des grès et des brèches inférieures serait équivalente au Rothliegende qui, nulle part en Angleterre, n'aurait un si grand développement.

Le permien du Cumberland, surtout dans sa partie inférieure, se rattache à quelques îlots permiens isolés, semés dans le sud de l'Écosse et qui dans le Dumfriesshire renferment des empreintes de pas d'animaux. Sur ces points le permien repose sur la tranche des couches siluriennes qui sont fortement relevées. M. Harkness pense que les brèches et les grès de l'Écosse représentent seulement le Rothliegende.

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 205.

Bohême. — Le terrain permien développé sur le versant méri-
lional du Riesen Gebirge en Bohême, a depuis quelque temps attiré
'attention des géologues Autrichiens. M. Jokely (1) le subdivise de
a manière suivante :

1° *Étage supérieur.* — Schistes argileux rouges plus ou moins
ableux avec quelques couches intercalées de grès, de schistes bi-
umineux, contenant de 25 à 45 p. 100 de bitume ; ces couches
'enferment de nombreux débris de poissons. On trouve dans les
chistes bitumineux de Kostolow des débris de plantes : Volkman-
ia polystacha (Stern.) et Araucarites Cordai (Ung.).

2° *Étage moyen.* — Formé en haut par des grès et des schistes
rgileux micacés, en bas par des arkoses plus ou moins feldspa-
hiques. Les plantes de cet étage sont surtout Araucarites Schrol-
anus (Göpp.) et Psaronius.

3° *Étage inférieur.* — Renfermant à la partie supérieure des grès
ris ou verdâtres, avec schistes bitumineux, riches en poissons
:enacanthus Decheni, Palœoniscus Vratislaviensis (Ag.) et en
lantes Annularia longifolia (Bronn.), Neuropteris tenuifolia (St.),
;yatheites Preopteridis (Göpp.), Lycopodites Bronni (Sternb.). Des
races de pas trouvées dans cet étage ont été rapportées à Saurichnites
icertoides (Gein.) et Saur. salamandroïdes (Gein). A la partie infé-
ieure, sont des conglomérats formés de quartz et de schistes re-
és par un ciment sableux. Des mélaphyres se sont épanchés à
ifférentes reprises pendant le dépôt de ces couches.

M. Jokely identifie ses deux étages inférieur et moyen au Roth-
egende inférieur, et considère son étage supérieur comme le re-
résentant du Rothliegende supérieur de la Saxe.

TERRAINS MÉSOZOIQUES.

TERRAIN TRIASIQUE.

Faune. — MM. Pidancet et Chopard (2) ont fait la décou-
rte d'un reptile à la partie supérieure des marnes irisées
Poligny, dans le Jura. Il paraît appartenir à une espèce nou-
lle, et il a été nommé Dimodosaure de Poligny (Dimodosaurus
ligniensis). Plusieurs de ses caractères, et en particulier ses
rtèbres biconcaves, paraissent le rapprocher de la famille des
nosauriens ; mais le sacrum formé seulement par trois grandes

(1) *Jahrb. d. K. K. Geol. Reichs-Anst.*, t. XII, p. 381. — Vienne.
(2) *Bulletin de la Société d'agriculture, sciences et arts de Poligny.* 1863, n° 10. (D.)

vertèbres qui semblent soudées par leurs lames latérales le différencie de cette famille et de tous les Sauriens vivants et fossiles connus jusqu'à présent. Le membre antérieur est du reste beaucoup plus grand que le membre postérieur et l'humérus a 0m,[illegible] de longueur, en sorte que ce reptile atteignait de grandes dimensions.

Pour préciser le niveau auquel se trouve le Dimodosaure dans les marnes irisées, nous rappellerons que, d'après M. Marcou, cet étage est connu dans le Jura sur une épaisseur de plus de 70 mètres; le groupe inférieur qui n'a pas été complétement traversé contient des marnes de couleur foncée, du sel, des gypses rouges et se termine par la houille keupérienne. Les fossiles font défaut dans les marnes salifères, mais des empreintes végétales s'observent dans les couches houillères ainsi que des os de reptiles.

Le groupe moyen comprend des marnes rouge lie de vin, beaucoup de gypse blanc ainsi que des bancs de dolomie. Il est complétement dépourvu de fossiles.

Le groupe supérieur présente des marnes irisées dans lesquelles sont intercalées quelques couches meubles irrégulières formées de matériaux qui ne résultent pas d'un dépôt chimique, mais qui paraissent au contraire avoir été transportées par des cours d'eau; c'est dans ces dernières couches que le Dimodosaure a été observé aux environs de Poligny, d'Arbois, de Domblans et même près de Besançon.

Haute Italie. — Les couches de Besano près de Varèse, ont attiré récemment l'attention à cause des schistes bitumineux que renferment certaines dolomies et d'un filon de galène argentifère bien réglé, qui s'y présente; mais les restes de reptiles qu'on y trouve méritent aussi une mention particulière. Ils ont été décrits par M. Giulio Curioni (1).

Le géologue italien rapporte au trias les dolomies d'Ésino, à megalodon triqueter et autres megalodon, les dépôts de Dossena avec gervillia bipartita, et végétaux du Keuper, ainsi que les calcaires dolomitiques d'Ardese. Dans les dolomies d'Ésino, sont intercalés les schistes bitumineux de Besano. M. Curioni a décrit et figuré Lariosaurus Curionii qu'il rapporte à l'horizon de Dossena, Pachypleura Edwarsii (Cornalia), qui est au niveau des couches d'Ésino, mais qu'on retrouverait aussi dans les couches à A...

---

(1) *Sui Giacimenti metalliferi e bituminosi nei terreni triasici di Besano.* Milan, 1863.

cula contorta, supérieures aux dolomies d'Esino. Il a figuré aussi des plaques d'un reptile, Psephoderma alpinum de Meyer, trouvé déjà en Bavière dans le Dachsteinkalk, immédiatement supérieur aux couches de Kössen.

Limite du trias et du lias. — *Lorraine.*— Parmi les géologues qui contestent au Bone-bed le caractère jurassique, il faut citer MM. Terquem et Piette (1). Ils ont découvert les lits à avicules contournées dans la Lorraine, et les ont suivis jusqu'en Belgique par e Luxembourg. Leurs arguments méritent d'être signalés. Comment -t-on pu, disent-ils, séparer le Bonebed des marnes irisées, en se ondant uniquement sur des données paléontologiques, alors que la iune de ce dernier terrain est si pauvre et si imparfaitement conue? Les lits à avicules ne leur ont jamais montré une coquille u'ils eussent retrouvée dans les zones supérieures. La faune du onebed doit à ses avicules contournées et à ses myophories, un ıractère tout triasique; enfin, stratigraphiquement, elle se soude ıx marnes irisées, tandis qu'elle est séparée du lias par une disırdance de stratification.

Toscane.— La ressemblance signalée par M. Capellini (2) entre faune de l'Azzarola, décrite par M. Stoppani (3), et la faune inıliasique des environs de la Spezzia montre que le terrain dont us parlons doit être représenté aux environs de cette localité, i est devenue comme la clef de la géologie toscane.

D'après M. Capellini, le calcaire noir fossilifère des montagnes la Spezzia est regardé à bon droit comme jurassique par presque ıs les géologues italiens. De longues études lui ont permis d'y blir l'ordre chronologique des couches, en dépit de la compliion que leur a imprimée le soulèvement des Apennins. Des ıpes faites dans les diverses parties de la chaîne montrent que calcaires noirs fossilifères avec leurs schistes reposent sur la gneule ou dolomie celluleuse qui forme la base des terrains imliatement superposés aux quartzites et aux anagenites, compris ı le nom de verrucano.

es schistes qui surmontent directement le verrucano sont caérisés par des *bactryllium*, fossiles microscopiques découverts a plusieurs années dans le Vorarlberg, et rapportés par

---

Bulletin de la Société géologique, t. XIX, p. 322.
Bulletin de la Société géologique, t. XIX, p. 675.
Revue de géologie, I, p. 133; 1860.

M. O. Heer à la famille des diatomacées. Le genre bactryllium paraît ne pas s'élever au-dessus de l'infralias.

Au-dessus de ces schistes à bactryllium et du calcaire noir qui les accompagnent, se trouve un calcaire dolomitique, surmonté lui-même par des calcaires et schistes à empreintes d'ammonites pyritisées. Puis vient un calcaire rouge ammonitifère, les schistes à possidonomia Bronnii et une série de calcaires et de schistes qui sont inférieurs au macigno. M. Capellini a trouvé dans ces couches un assez grand nombre de fossiles liasiques et infraliasiques. Les espèces les plus abondantes et les plus caractéristiques sont : Plicatula intusstriata (Emm.); pecten Zalgeri (Mer.); P. aviculoïdes Hopp.; lima punctata (Sow.); avicula Deshayesi (Ter.); leda faba (Winkler); nucula subovalis (Gold.); cardinia regularis (Ter.); cardita austriaca (Hauer); C. munita (Stopp); astarte singulata (Terq.).

Ces simples noms suffisent pour révéler la parenté qui existe entre la faune de la Spezzia, de l'Azzarola et des grès d'Hettange avec le Bone-bed.

TERRAIN JURASSIQUE.

Lias. — *Orne.* — Le grès de Sainte-Opportune (département de l'Orne) avait d'abord été rapporté à la formation crétacée par quelques géologues; mais en étudiant avec soin ses fossiles, M. Morière (1) est arrivé à conclure que ce grès est liasique. Il attribue également au lias le minerai de fer qu'on avait cru tertiaire et qui se rencontre sur les plateaux dans les communes de Joué-du-Plain, les Yveteaux, Saint-Brice.

Il résulte des études de M. Morière que dans une partie de l'arrondissement d'Argentan, dans une sorte de golfe resserré entre le cap granitique, vers Botilly, et le cap silurien de la vallée de la Cance, la largeur de la zone jurassique indiquée sur les cartes doit être augmentée de 25 à 30 kilomètres à l'ouest. Le dépôt liasique offre d'ailleurs des caractères minéralogiques différents, suivant qu'il repose sur le granite ou bien sur les terrains de transition.

Lorraine, Luxembourg, Nord-Est du bassin de Paris. — MM. Terquem et Piette (2) ont consacré un mémoire spécial

(1) *Note sur le grès de Sainte-Opportune et sur la formation liasique de l'Orne.* — Caen, 1863.

(2) *Bulletin de la Société géologique*, t. XIX, p. 322.

très-riche en coupes et très-détaillé, au lias inférieur de la Meurthe, de la Moselle, du grand-duché du Luxembourg, de la Belgique, de la Meuse et des Ardennes. Dans leur travail, ils ont adopté la méthode employée par M. Oppel et qui consiste à classer les subdivisions paléontologiques d'après l'espèce prédominante des ammonites. Cette méthode, excellente pour des monographies particulières, serait sans doute en défaut, si l'on voulait l'appliquer à des régions géographiques très-étendues; car la répartition des faunes naturelles n'a point le caractère de rigidité qu'on est tenté de lui attribuer, quand on renferme ses observations sur un théâtre assez limité. Nous avons déjà dit ce que ces auteurs pensent de la position géologique du bone-bed; ils admettent quatre divisions principales dans le lias inférieur qui sont du haut en bas, 1° les strates à Belemnites brevis; 2° à Ammonites bisulcatus; 3° à Amm. angulatus; 4° à Amm. planorbis. Chacune de ces zones, dans la région qu'ils décrivent, renferme des grès et des marnes. Les deux premières seules renferment l'Ostrea arcuata.

Si l'on comprend sous le nom d'infralias les zones à Ammonites planorbis et à Ammonites angulatus, on ne peut dire qu'il constitue un étage géologique, mais seulement une subdivision du lias inférieur. Les grès du Luxembourg représentent les zones d'Hettange, d'Arlon, de Rimogne, et sont des parties plus ou moins développées du lias inférieur, de même que les marnes de Jamoigne, de Distrof et de Strassen.

Hierlatz. — D'après l'étude des céphalopodes de Hierlatz, M. Oppel (1) s'est trouvé conduit à rapporter les couches de cette localité à la moitié supérieure du lias inférieur. L'examen des gastéropodes et des acéphales avait disposé M. Stoliczka à les ranger au contraire dans le lias moyen, sinon supérieur. Mais M. Oppel pense que les céphalopodes fournissent des données plus certaines et plus importantes pour la classification des couches jurassiques.

Hongrie. — M. Peters (2) a décrit le lias du district de Fünfkirchen dans lequel il a retrouvé trois zones comparables à celles de Souabe, avec leur faune pélagique.

La partie inférieure, la plus importante industriellement à cause de ses riches couches de charbon, est formée à la base de lits

(1) *N. Jahrbuch de L.*, p. 59; 1862.
(2) *Jahrb. d. K. K. G. Reich.*, 1862.

pauvres en charbon et sans doute analogues à la série du bone-bed; ces lits eux-mêmes reposent sur un grès keupérien. Les calcaires du trias supérieur alpin et de la subdivision rhétique (calcaires du Dachstein) font défaut dans ce district.

Les formations jurassiques alpines s'y montrent au contraire toutes sous forme de calcaires à ammonites, analogues aux marbres de Trente, de Campo Rotondo, et d'autres localités des Alpes méridionales. Les fossiles des couches de Stramberg s'y retrouvent aussi en petit nombre.

Jurassique. — *Languedoc.* — Les Corbières et les Pyrénées formaient déjà des îles dans la mer où s'est déposé le terrain jurassique, qui se montre sur leurs flancs avec des caractères presque identiques. M. Dufrénoy avait bien indiqué des affleurements liasiques dans le département de l'Aude ; toutefois il a donné trop de place au terrain crétacé, au détriment du terrain jurassique. Ce dernier comprend non-seulement des marnes schisteuses fossilifères, mais encore des calcaires compactes et fossilifères. M. Noguès (1) a étudié en détail ses couches aux environs de Tuchan, dans le bassin de la Berre et sur le versant oriental de la chaîne de Fontfroide. Les descriptions qu'il en donne se rattachent à un ensemble d'observations qui embrasse tout le terrain jurassique du Languedoc pyrénéo-méditerranéen. M. Noguès indique dans cette région les mêmes faunes et les mêmes horizons que dans le Nord et dans l'Est de la France, avec des modifications qui sont dues à des influences locales.

Un tableau détaillé met en regard les divisions du terrain jurassique dans les Pyrénées, dans les Corbières, dans l'Hérault et dans le Gard. Partout le lias est très-développé et montre ses fossiles caractéristiques. L'oolite inférieure et la grande oolite sont peut-être représentées dans les Pyrénées par des calcaires compactes à nérinées, dans les Corbières par des calcaires fétides qui forment le chapeau des marnes fossilifères; dans la région des Cévennes ils sont représentés par le calcaire à entroques et par le calcaire à fucoïdes qui lui est inférieur. L'oxford-clay ne se montre que dans cette dernière région, composé de marnes ferrugineuses surmontées de calcaires massifs, de dolomies, de calcaires stratifiés; il en est de même pour le coral-rag représenté par des masses coralliennes non stratifiées.

(1) *Bulletin géologique*, vol. XIX, p. 501.

Purbeck. — Les mammifères de la formation de Purbeck, ont à plus d'un titre, droit à toute l'attention des géologues; mais leurs caractères paléontologiques ne sont pas encore déterminés avec une entière certitude. Le genre Plagiaulax, en particulier, a été l'objet d'appréciations différentes de la part de deux savants dont l'autorité en ces matières est reconnue par tout le monde. Tandis que M. Owen dans son ouvrage intitulé *Palæontology* considère Plagiaulax comme un marsupien carnivore, M. Falconer (1) persiste à le regarder comme un marsupien phytophage. A l'occasion de cette dissidence, le savant géologue a passé en revue les caractères du Plagiaulax. D'après lui, les incisives, par leur nombre, l'ordre de leur remplacement, leur position, leur relation avec les prémolaires, correspondent également aux marsupiens herbivores; les arguments que M. Owen avait emprunté à la comparaison avec le Thylacoleo ne lui paraissent point applicables aux incisives du Plagiaulax. M. Owen considère la mâchoire inférieure de cet animal comme en conformité avec le type carnivore; mais M. Falconer montre des formes similaires chez l'Aye-Aye (Cheiromys) qui est non carnivore, et chez le Koala (Phascolarctus); l'apophyse coronoïde et le condyle de l'Aye-Aye ne diffèrent pas beaucoup de ceux du Plagiaulax.

TERRAIN CRÉTACÉ.

Faune. — Les formations crétacées de Westphalie (cénomanien et sénonien) ont conservé les restes assez nombreux en certaines localités, de crustacés macroures et décapodes. M. Clemens Schlüter (2) de Breslau en a donné une description accompagnée de bonnes figures. Il les a rattachés à 10 genres différents, comprenant 14 espèces, dont 11 sont nouvelles. Voici quels sont ces genres dont trois sont eux-mêmes nouveaux: Palinurus, Podocrates, Callianassa, Hopoplaria, Enoploclytia, Nymphæops, Cardirhynchus, Glyphocrangon, Penæus, Opoplorus. A propos du genre Callianassa, nous remarquerons que ces crustacés ne se rencontrent pas en Westphalie comme à Maëstricht dans les couches à Belemnitella mucronata, mais bien dans les couches inférieures qui renferment la Belemnitella quadrata.

La monographie de M. Schlüter se termine par la liste com-

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 261.
(2) *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, p. 707; 1867.

plète de tous les crustacés jusqu'ici découverts dans la craie. Cette liste comprend :

Macroures. . . . . . . 23 genres.	Brachyoures. . . . . 9 espèces.
Anomoures. . . . . . . 5 espèces.	

Ajoutons que M. Alphonse Milne Edwards (1) a observé dans les assises du terrain crétacé particulièrement dans la craie de Maestricht et dans les grès verts du Maine des crustacés appartenant à la famille des raniniens. Ils y forment un genre distinct désigné par M. Milne Edwards sous le nom de Raninella, lequel vient se placer entre les Notopus (de Haan) et les Ranines proprement dites.

Aisne, Ardennes. — Les assises inférieures de la craie dans le département de l'Aisne ont jusqu'ici été rapportées au g[illegible] M. Edouard Piette (2) croit avoir reconnu que le néocomien supérieur (aptien) affleure dans les Ardennes et dans l'Aisne; suivant lui, les couches désignées sous le nom de grès vert par MM. Sauvage et Buvignier, sous le nom de gault par M. d'Archiac, doivent être dédoublées, les plus inférieures étant de l'aptien, les supérieures seulement du gault.

Provence. — M. d'Orbigny avait subdivisé le terrain néocomien en deux parties; l'inférieure comprenant les couches à S[illegible]tangus, la supérieure embrassant les assises supérieures au niveau de l'ostrea Couloni et nommée aussi étage *urgonien*. Ce dernier étage est remarquable dans le midi de la France, dans la Suisse et dans le Jura par l'abondance de la Chama ammonia.

Dans la division inférieure, M. Coquand propose de reconnaître trois étages distincts qui sont, du haut en bas :

1° L'étage *barrémien* (nom emprunté à la ville de Barrême), caractérisé par Belemnites minaret, Ammonites ligatus, Scaphites Yvanii ;

2° Le *néocomien* proprement dit, avec Belemnites dilatatus, Ammonites Astieri, Toxaster complanatus, Ostrea Couloni.

3° Le *valenginien* (expression déjà employée par M. Desor par les géologues suisses), avec Ammonites Gevrilianus, Strombus Sautieri Coq.

M. d'Orbigny avait rangé les couches dites barrémiennes [illegible]

---

(1) *Comptes rendus*, LV, 492; 1862. (D.)
(2) *Bulletin géologique*, t. XVIII, p. 96.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, t. XIX, p. 531.

cragnolles, des Vergons, de Barrême), dans son urgonien à Chama ammonia; pour combattre cette opinion, M. Coquand s'appuie sur les observations de M. Reynés (1) d'après lesquelles le néocomien calcaire des Basses-Alpes ne serait point susceptible d'être divisé de façon à ce qu'on pût en rapporter une partie au calcaire à Chama; il s'appuie aussi sur l'opinion de M. d'Archiac qui n'a reconnu à Escragnolles aucun des fossiles qui représentent l'urgonien, et sur les conclusions que M. Pictet a tirées de l'examen des fossiles des Voirons.

Suivant M. Coquand, les silex tuberculeux marquent la séparation entre les calcaires à chama et les calcaires sans chama avec Scaphites Yvanii, qui s'appuient eux-mêmes sur les bans à spatangus retusus et ostrea Couloni.

Les observations de M. Coquand concordent sur ce point avec celles que M. Scipion Gras (2) a faites dans le département de Vaucluse. Ce dernier géologue a montré que les marnes néocomiennes à Belemnites dilatatus sont surmontées par des bancs de calcaires compacts remplis de silex, renfermant les Belemnites minaret, Scaphites Yvanii et toute la faune de Barrême, si remarquable par ses céphalopodes à tours déroulés. M. Gras donne à cet étage le nom de *Marnes à ancyloceras*.

Nous ne pouvons nous empêcher de remarquer qu'il y a un grand inconvénient à subdiviser, comme l'a fait M. d'Orbigny, un terrain dit néocomien en urgonien et néocomien proprement dit; cet inconvénient subsiste dans la classification proposée par M. Coquand et s'aggrave encore parce que le nom de néocomien n'appartient plus en propre qu'à un étage sur *quatre* placés entre l'aptien et le jurassique.

Le *Barrémien* ne se caractérise paléontologiquement que par les fossiles à tours déroulés de Barrême et M. Coquand admet lui-même que des céphalopodes déroulés se rencontrent aussi avec le Toxaster complanatus et jusque dans les marnes aptiennes. La géologie générale n'a pas encore admis la dénomination locale d'étage valenginien; nous ne savons si elle se montrera plus complaisante pour l'étage que M. Coquand a baptisé barrémien.

Du reste, M. Pictet (3) a déjà présenté quelques observations sur le nouvel étage barrémien, créé par M. Coquand. Il rappelle

(1) *Mémoire de la Société d'émulation de Provence*, t. 1, p. 27.
(2) S. Gras : *Description géologique du département de Vaucluse*. — Paris, 1862.
(3) *Bibliothèque universelle et Revue suisse*, t. XVI; 1863.

que dès 1858, il l'avait distingué sous le nom de *néocomien alpin.* M. Coquand considère le barrémien comme un étage normal de la série néocomienne, postérieur au néocomien moyen des géologues suisses et antérieur à l'urgonien. M. Pictet ne croit pas que les couches désignées sous ce nom, soient normalement intercalées entre les marnes d'Hauterive et le véritable urgonien ; il pense que c'est risquer une grave erreur paléontologique que de supposer que la faune barrémienne soit la faune de passage de l'un de ces étages à l'autre.

Dans le Jura Suisse et dans une grande partie de la France (Isère, Yonne, Isère, Bouches-du-Rhône, etc.) on voit la série suivante :

Aptien supérieur.
Aptien inférieur.
Calcaire urgonien à chama Ammonia.
Urgonien jaune.
Pierre jaune de Neufchâtel.
Marnes d'Hauterive.
Étage Valenginien.

Sur une bande qui commence en Bavière, coupe la Suisse (Sentis, korn, Châtel-Saint-Denis), la Savoie (Voirons, Môle), les départements de l'Isère, de la Vaucluse, qui s'élargit dans le Var, les Basses et Hautes-Alpes, et se replie dans toute l'Italie septentrionale, on trouve une coupe différente :

Aptien, facies provençal.
Couches d'Escragnolles, renfermant des Ammonites non décrites, barrémien.
Couches à Ammonites radiatus, A. Leopoldinus, Belemnites bi..., cus et leptychus.
Valenginien?

M. Pictet admet l'indépendance de ces deux coupes. M. Coquand cherche à identifier : il pense que dans des mers voisines ou par des profondeurs différentes des mêmes mers, il y a pu avoir une succession de populations indépendantes. Des faunes successives, qui méritent toutes le nom de néocomiennes, ... contemporaines mais sans être identiques. La période néocomienne commence sur la plus grande partie de l'Europe par des faunes bien semblables, d'abord la faune valenginienne, puis la faune néocomienne la plus inférieure. Postérieurement, les dissemblances se sont marquées dans les deux grandes régions correspondant aux coupes précédentes ; dans la première, la faune a gardé un facies littoral, dans la seconde les céphalopodes ont dominé. Quelques mélanges ont bien pu s'opérer çà et là, mais ils ne sont devenus nombreux qu'à l'époque aptienne.

Pays de Bray et Bassin de Paris. — M. Cornuel (1) a comparé les assises du grès vert inférieur du pays de Bray aux couches synchroniques de la Haute-Marne et de l'île de Wight ; il cherche à expliquer les différences de compositions de ces trois parties du bassin crétacé anglo-français par des mouvements divers d'exhaussement et d'abaissement.

Loir-et-Cher. — En publiant un tableau de la distribution des espèces dans les terrains crétacés de Loir-et-Cher, M. l'abbé Bourgeois (2) a admis une classification paléontologique analogue à celle que M. Triger a dès longtemps proposée, à la suite de ses études sur le département de la Sarthe. Il subdivise les terrains en allant de bas en haut en zones du Pecten asper, du scaphites æqualis, de l'ostrea biauricutata, de la Rhynconella Cuvieri, de l'Ammonites peramplus, du spondylus truncatus et du spondylus spinosus (3).

Il range les trois premières dans le cénomanien, les trois suivantes dans le turonien, la dernière seulement dans le sénonien ; par suite il s'écarte un peu de la classification de M. d'Orbigny qui faisait rentrer dans le sénonien la zone du spondylus truncatus. Le sens attaché par M. l'abbé Bourgeois au terme de turonien et de sénonien se trouve donc modifié dans son mémoire, et la limite entre ces deux étages y subit une transposition (4).

Les observations faites dans le département d'Eure-et-Loir et en Touraine par M. Laugel le portent d'ailleurs à penser avec M. l'abbé Bourgeois que les couches à spondylus truncatus doivent être mises dans le turonien. Les espèces prétendues sénoniennes de la baie de Vendôme sont bien des espèces nouvelles et encore inédites.

Parmi les 66 espèces cénomaniennes déterminées par M. Bourgeois, 9 passent dans l'étage supérieur, et 4 atteignent jusqu'au sénonien ; sur les 156 espèces turoniennes, 18 passent au sénonien. 22 espèces ont été déterminées dans ce dernier étage ; mais les tableaux de M. Bourgeois ne comprennent que les poissons, crustacés, annélides, mollusques et échinodermes. Les bryozoaires, les polypiers et les spongiaires n'y figurent point.

Ajoutons cependant que M. Guillier n'admet pas la nouvelle

(1) *Bulletin géologique*, vol. XVIII, p. 975.
(2) *Revue de géologie*, II, 210.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, t. XIX, p. 652.
(4) *Bulletin géologique*, t. XX, p. 101.

délimitation des terrains turonien et sénonien proposée par M. l'abbé Bourgeois; la réunion de la zone à Ammonites peramplus avec la zone à spondylus truncatus lui paraît inadmissible, parce que dans le midi de la France, ces deux horizons sont séparés par le puissant dépôt de la craie à Hippurites cornuvaccinum.

Dordogne.— Le terrain crétacé du sud-ouest de la France attire plus qu'autrefois l'attention des géologues, et ils essayent de mettre les divisions en parallèle avec celles qui, dès longtemps, ont été établies dans la partie septentrionale et orientale de notre pays. M. Coquand, en décrivant le terrain crétacé de la Charente, a cru toutefois pouvoir créer une terminologie toute nouvelle principalement fondée sur les caractères paléontologiques. M. Arnaud (1), qui a étudié spécialement la craie de la Dordogne, n'a pas admis sans réserve les idées de M. Coquand : sans nier l'utilité des divisions locales, destinées à faciliter l'étude des terrains, il s'est attaché à montrer qu'il ne fallait point en exagérer le caractère et leur attribuer une trop grande importance théorique. Pour M. Arnaud, la craie du sud-ouest de la France se subdivise en deux grands groupes; il justifie cette séparation par le caractère des faunes et par de faibles discordances de stratification. La faune générale de chacun de ces deux groupes peut se subdiviser en faunes successives, mais ces dernières se rattachent entre elles et les divisions qu'elles établissent sont locales et ne doivent pas servir de base à la classification théorique des terrains.

M. Arnaud assimile la faune de sa craie inférieure à celle des grès verts du Mans; il établit que la faune du calcaire à hippurites de la Dordogne étend le cercle des fossiles communs à la partie correspondante du bassin méditerranéen, que les grès verts de ...gnac et les calcaires marneux et poudinguiformes avec ... grès rose de Gourd-de-l'Arche sont contemporains des grès d'Uchaux.

M. Coquand a divisé la craie inférieure en quatre étages : gardonien, carentonien, angoumien et provencien.

Le gardonien, formé d'argiles lignitifères, n'a point de faune ; sa flore renferme des espèces végétales qui se retrouvent dans les étages supérieurs.

Le carentonien s'arrête supérieurement au point où des ... à terebratella carentonensis passent à des couches un peu

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. XIX, p. 465.

solides, limite peu précise pour un étage qui renferme d'ailleurs déjà des fossiles de l'angoumien.

Les bancs solides qui surmontent les marnes carentoniennes ont été subdivisées en deux étages, l'angoumien et le provencien. M. Arnaud remarque que cette division ne s'appuie sur aucun caractère minéralogique, et n'est justifiée que par des différences paléontologiques. En Provence, le dépôt de l'angoumien a été suivi d'un mouvement de la mer et de l'accumulation de sables qui ont plus tard été recouverts par de nombreux calcaires. Le bassin du sud-ouest et celui de la Méditerranée sont restés en communication pendant cette période, et la faune angoumienne a été détruite dans la Charente par le contre-coup de la révolution qui s'opérait en Provence, sans que toutefois le dépôt des calcaires s'interrompît dans la première de ces régions.

M. Coquand a également subdivisé la craie supérieure du Sud-Ouest de la France en quatre étages : le coniacien, le santonien, le campanien et le dordonien. Ces divisions, faciles à saisir aux environs de Cognac, ne se maintiennent pas même, suivant M. Arnaud, dans tous les points de la Charente, et d'ailleurs les faunes qui les caractérisent ne sont point rigoureusement limitées. Un grand nombre d'espèces passent de l'une à l'autre, et plusieurs même sont communes à tous.

Dans ses classifications, M. Coquand s'est beaucoup appuyé sur ce qu'il nomme les niveaux de rudistes; mais M. Arnaud ne croit point que ces animaux puissent préciser des niveaux fixes et indépendants pour la classification des faunes.

En résumé, dans la Charente comme dans la Dordogne, il pense qu'on observe une continuité complète dans toutes les parties de la formation crétacée; et nulle part le bassin du sud-ouest de la France ne porte la trace d'événements généraux qui en aient subitement et complétement modifié la faune.

Charente. — M. Coquand a trouvé dans M. Hébert un autre contradicteur, et la question qui les sépare a une importance capitale en ce qui concerne la classification du terrain crétacé. Il s'agit en effet de savoir si, oui ou non, la craie blanche de Meudon et la craie de Maëstricht ont des représentants dans le sud-ouest de la France. M. Coquand (1) l'affirme, M. Hébert (2) le nie. Essayons de résumer les arguments qu'ils invoquent de part et d'autre.

(1) *Bulletin géologique*, t. XX, p. 79.
(2) *Bulletin géologique*, t. XIX, p. 542; — t. XX, p. 90.

Suivant M. Coquand, la craie se termine dans les départements de Loir-et-Cher et de la Sarthe par les couches à spondylus truncatus, micraster brevis, ananchytes gibba; mais dans les deux Charentes, on trouve d'autres assises au-dessus de cette dernière. on y rencontre l'ostrea vesicularis, l'ananchytes ovata (espèce de Meudon), et plus haut encore l'hemipneustes radiatus (espèce bien connue de Maëstricht), l'orbitolites media, l'hemiaster prunella, etc. M. Coquand s'appuie également sur le fait que 35 espèces que M. de Binkhorst a citées dans la craie tuffeau de la colline de Saint-Pierre, se retrouvent *toutes* dans les deux Charentes. La belemnitella mucronata fait seule défaut; mais peut-on s'appuyer sur ce fait tout négatif pour rejeter une assimilation que tant d'autres espèces rendent vraisemblable?

Ce qui se voit dans les deux Charentes se vérifie d'ailleurs en Algérie.

Là aussi, au-dessus des couches à micraster brevis, se montrent des assises très-épaisses contenant l'ananchytes ovata, l'ostrea vesicularis, les hemipneustes, etc. Si l'on se fonde simplement sur la présence de la belemnitella mucronata, de l'ostrea vesicularis et de l'ananchytes ovata, pour admettre la présence de la craie supérieure à la Grande-Chartreuse et à Entremont, où manquent cependant toutes les zones fossilifères qui ailleurs sont superposées à la zone de Rouen, pourquoi se refuserait-on à voir de la craie blanche dans les deux Charentes et en Afrique, sur des points où l'on découvre 41 espèces de Meudon ou de Maëstricht?

A ces arguments, M. Hébert répond que les assimilations de M. Coquand sont établies sur les espèces les moins propres à servir de repère; sur l'ostrea vesicularis, qui se trouve à tous les niveaux de la craie, depuis Rouen jusqu'à Maëstricht, sur l'ananchytes ovata, nom donné indifféremment à beaucoup de variétés, sinon d'espèces différentes; selon lui les premières listes dressées par M. Binkhorst pour les fossiles de Maëstricht ne seraient pas entièrement à l'abri de la critique: et dans ses dernières publications, ce géologue ne cite pas un seul céphalopode qui se rencontre dans les Charentes; sur 107 céphalopodes, un seul est rapporté avec beaucoup de doute à une espèce de Royan. Il est bien douteux que l'hemipneustes du Midi soit le même que celui de Maëstricht. Le nombre des espèces communes à Maëstricht et à l'étage crétacé supérieur de M. Coquand dans les Charentes se réduit donc de plus en plus. Ceux, dit M. Hébert, qui ont étudié avec soin la riche faune de Meudon n'y trouvent pas plus d'espèces des Charentes: il faut donc se rattacher à l'opinion de MM. Élie de Beaumont et d'Arch…

qui n'admettent pas l'existence de la craie de Meudon dans les deux Charentes.

Sud-Est de la France. — Les tentatives faites pour introduire dans la classification du terrain crétacé l'homogénéité que, depuis longtemps, on a réussi à appliquer à celle du terrain jurassique, n'ont pas jusqu'ici été très-heureuses : nous venons de signaler les critiques que soulève le système proposé par M. Coquand : elles pourront s'appliquer, sans doute, à toute classification qui multipliera outre mesure les étages et cherchera à les particulariser par des faunes trop circonscrites.

M. Reynès (1) s'est proposé d'établir le parallélisme des couches crétacées qui sont déposées dans le vaste triangle compris entre les Alpes, les Cévennes, et au Sud, les Pyrénées et la Méditerranée. Cette région comprend 14 départements, et M. Reynès s'est attaché à coordonner les nombreux travaux dont ils ont été l'objet, et à y trouver la succession d'étages suivante :

10° Craie de Meudon;
9° Craie de Villedieu à Micraster brevis;
8° Calcaires à Hippurites cornuvaccinum et organisans;
7° Sables et grès d'Uchaux;
6° Lignites et bancs à ostracés et à caprines;
5° Craie de Rouen;
4° Gault;
3° Aptien;
2° Le calcaire à Chama Ammonia, isolé par sa faune spéciale, par ses caractères pétrographiques distincts;
1° Néocomien, montrant deux facies: le facies alpin, où les Céphalopodes dominent, le facies ordinaire avec Acéphales et Gastéropodes.

M. Reynès ne croit point que le terrain néocomien des Basses-Alpes soit susceptible d'être divisé, et que les couches extérieures, soient, comme le pensait d'Orbigny, les représentants du calcaire à Chama. Ce néocomien, comme celui de Barrême et d'Escragnolles (Var), comme celui de Voirons, forme un tout indivisible, aucune espèce commune ne permet d'en identifier une partie avec le terrain à Chama.

Le calcaire à Chama est ordinairement formé de bancs calcaires blancs, très-durs; il est bien répandu dans tout le sud-ouest. L'aptien se montre sous forme de bancs épais, marneux, de cou-

(1) *Études sur le synchronisme et la délimitation des terrains crétacés du Sud-Est de la France*, par M. Reynès. — Paris, 1861.

leur noire ou cendrée : le gault, dans le sud-est, est très-peu épais; on le voit sous forme de craie glauconieuse à Escragnolles (Var), de calcaire grenu à Valbonne (Gard), de sable dans la Drôme et le département de Vaucluse, de calcaire blanc à la Grande-Chartreuse.

La faune de Rouen se retrouve dans des calcaires marneux à Saint-Lyons (Basses-Alpes), dans un grès jaune à Cassio (Bouches-du-Rhône), dans des calcaires ou des marnes à Escragnolles (Var), à Saint-Paulet (Gard), à la Fauge (Isère), à Saint Paul (Isère).

L'étage suivant renferme à sa base des lignites (gardonien de M. Coquand). Il est formé de calcaires et de marnes, et présente des caractères assez variables, au point de vue paléontologique.

Les grès et sables d'Uchaux renferment les fossiles suivants : ... Matheroni, Trigonia scabra LK, ammonites Deveriæ, hippurites ... quieni, radiolites cornu pastoris; des polypiers, trochosmilia ... pressa, synastrea cystela, heliopora Blainvillei, etc. Rejetés ... d'Orbigny dans le turonien, placés par M. Lory au-dessus ... craie à micraster, ces sables ont été mis par M. Coquand ... dessous des couches à hippurites cornuvaccinum, et M. Rey... s'attache à cette dernière opinion.

Au-dessus du puissant étage de ces rudistes, si développé ... le sud-est, on voit quelques dépôts peu épais de calcaire mar... où l'on a indiqué le micraster brevis, la lima ovata, etc. Ces dépôts limitent supérieurement la craie de sud-est.

Toutefois, M. Lory a signalé dans les Alpes mêmes l'existence ... craie dite de Meudon, à belemnites mucronatus; on la trouve ... les ananchites et les bélemnites, dans la Savoie, l'Isère, les Basses-Alpes; avec l'ostrea vesicularis, dans les Hautes et Basses-... dans l'Isère et dans la Drôme.

Jura. — La présence de la craie, dans le Jura méridional ... constatée par MM. Bonjour, Defranoux, et par le frère ... rien, près de Saint-Julien (Jura), dans la vallée du Luran ... la même année par M. Emile Benoît, à Leyssard (Ain), ... vallée de l'Ain.

M. Ch. d'Alleizette (1) en a indiqué un nouveau gisement ... du lac Genin, dans les environs de Nantua.

Au-dessus de la dolomie portlandienne, sont des marnes ... sans fossiles, surmontées de calcaires néocomiens; puis ... gault, formé de sables verts micacés avec Ammonites mammil... Inoceramus sulcatus, Avellana, Ancyloceras, Hamites : au-dessus

(1) *Bulletin géologique*, t. XIV, p. 544.

se rencontrent des lits de craie verdâtres, feuilletés; plus haut, grès avec rognons siliceux; dans la partie la plus élevée, craie blanche, avec lits de silex pyromaque blond : cette partie supérieure renferme des restes de Catillus, d'Ostrea, et quelques oursins indéterminables.

La craie paraît être recouverte çà et là par quelques débris de mollasse falunienne.

Limbourg. — Poursuivant son étude si intéressante des fossiles de la craie supérieure du Limbourg, M. Van Binkhorst (1) en a fait connaître cette année les Céphalopodes; ses descriptions embrassent vingt-trois espèces, dont près de la moitié sont nouvelles. Voici la liste de ces dernières :

Acanthoteuthis Maestrichtensis.	Ammonites colligatus.
Nautilus depressus.	— Decheni.
— Heberti.	— exilis.
— Vallsensis.	— pungens.
— Lehardyi.	Baculites carinatus.
Rhyncholithus minimus.	

Hanovre. — Dans le nord de l'Allemagne, M. Credner (2) a décrit avec détail le terrain wéaldien et le terrain crétacé des environs de Bentheim.

La formation wéaldienne, qui a environ 400 mètres de puissance, se compose d'argiles feuilletées noires, contenant à leur partie supérieure des lits de calcaire et de sphœrosidérite, riches en Cyrena et en Melania strombiformis. Le grès d'Hastings, placé au milieu de la formation wéaldienne, fait ici défaut; mais à la limite sont les couches très-épaisses de grès de Bentheim, qui contiennent la Cyrena ovalis.

Le néocomien, qui a 120 mètres environ de puissance, est formé dans le bas de l'argile du Hils, avec Belemnites subquadratus, et Exogyra sinuata, dans le haut du grès du Hils, avec Crioceras Duvali, Avicula macroptera, Pecten crassitesta, Meyeria ornata.

Vient ensuite le gault, qui a 500 mètres d'épaisseur, et qui montre de bas en haut :

Argile avec Crioceras Emerici, Crioceras semicinctus;

Argile avec Belemnites Brunswicensis;

---

(1) *Monographie des Gastéropodes et des Céphalopodes de la craie supérieure du Limbourg.* — Maestricht, 2e partie; 1862.

(2) *Jahresbericht der natur hist. Gesellsch. zu Hannover*, 1862, p. 31.

Argile avec Belemnites minimus, Ammonites lautus, Amm. in-terruptus;

Marnes calcaires, dites *Flammenmergel*.

Enfin le terrain crétacé se termine par le pläner: le pläner in-férieur contient l'Ammonites varians, l'Inoceramus striatus, le My-tilus elegans. Dans la partie la plus élevée, les fossiles ordinaires des plaines supérieures font défaut.

Bohême. — Le terrain crétacé de Bohême a été dans ces dernières années l'objet d'études assez suivies, surtout de la part de M. Jo-kely (1). Il s'est occupé de chercher les relations entre le pläner-*sandstein* et le *quadersandstein*, et a montré que le premier, désigne par le nom plus approprié de *quadermergel* n'est qu'une partie du second, dans lequel il se retrouve à divers niveaux.

Le *quadersandstein* a été divisé quelquefois en deux étages, l'un supérieur, l'autre inférieur. M. Jokely n'approuve pas cette subdivision adoptée par M. Reuss, et il appuie ses argu-ments par deux coupes prises de la vallée de l'Elbe à ... bunzlau, et à Münchengrätz, par l'Iserthal. Les couches cré-tacées de cette région rentrent dans le « quader cénomanien » et le « pläner turonien ». Au premier de ces deux horizons appartien-nent le quadersanstein et le quadermergel, ainsi que quelques ar-giles plastiques; au dernier correspond le véritable pläner et les couches qui le remplacent quelquefois. M. Jokely considère, par exemple, comme équivalents du plänerkalk, des couches de plänersandstein et de plänermergel qui alternent près de ... bunzlau, et qui contiennent:

Venus ovalis (Sow.), nucula semilunaris, ostrea vesicularis et O. naumannii (Reuss), pecten undulatus.

Les couches à baculites reposent sur le pläner et sont les plus les plus élevées de la craie de Bohême.

La description paléontologique de ces diverses couches est en préparation et complétera les travaux dont nous ne pouvons en ce moment présenter que les résultats stratigraphiques.

Nébraska. — MM. Meek et Hayden (2) ont exploré le terrain du Nébraska, aux États-Unis. Parmi les parties les plus intéres-santes de leur description, nous citerons la classification du terrain crétacé de cette région. Ils le divisent en deux étages et de la ma-nière suivante, en allant de haut en bas :

---

(1) *Jahrb. d. K. K. Reichs.-Anstalt*, vol. XII, p. 367.
(2) *Sillim. J.*, 1862, p. 137.

Crétacé supérieur ...
ls. — Grès ferrugineux ...
ant Belemnitella ...
aphites Conradi, ...
irus Missouriensis.

Épaisseur...

2° Groupe du fort Pierre ...
aux fossiles, ...
nts de ...

Épaisseur.......

Crétacé inférieur. ...
c restes de poissons ...
maticus, Inoceramus ...

Épaisseur.....

° Groupe du fort ...
cérames et Scaphites ...

Épaisseur......

Groupe de Dakota ...
bois silicifié et feuilles ...

Épaisseur....

M. Meek et Hayden ...
ains en parallèle ...
re avec le turonien ...
i première partie ...
environ.

... décrites, remarquables par ..., notamment de celles dont ...s Orientales, les îles de la

... lt, 23 à 25 espèces. ... t déjà bien éloignée de celle

... ermant 62 espèces et offrant ... Hœring dans le Tyrol.

... oo espèces environ). L'élé- ... les espèces communes res- ... molasse suisse. ... comprend encore que 30 es-

... strales et tropicales di- ... place plus grande aux ... notre hémisphère : les ... et les plantes indigènes ... s'opère que d'une façon ... extinction rapide et com- ... cherches de MM. O Heer ... s les travaux géologiques ..., ces bassins ne seraient ... artiennent pour la plu-

... erger (2) a examiné une ... des couches tertiaires de ... ieurs de Hampstead comme ... heim, Jeurre et du rupélien

... équivalents des lits infé- ... uver en Alsace et en Alle- ... lcaire d'eau douce de Bem- ... e) et d'Abdstadt (Baden). Il ... res d'eau dou... de Castel-

... y ... vrai-

TERRAINS CAINOZOÏQUES.

TERRAIN TERTIAIRE.

Éocène.

Faune — M. P. Gervais (1) a décrit les caractères du Lophiodon (L Lautricense) trouvé à Braconnac, près Lautrec, qui serait la plus grande des espèces de mammifères actuellement connues dans le terrain éocène de l'Europe.

On a trouvé beaucoup de restes de mammifères tertiaires dans le minerai de fer qui remplit certaines fentes du terrain jurassique sur les flancs du Jura suisse. M. Rütimeyer (2) a entrepris la description spéciale de cette faune qui est éocène; les localités qui lui ont fourni le plus de matériaux sont Ober-Gösgen, sur la rive gauche de l'Aar, gisement récemment découvert, et Egerkingen qui est à une petite distance seulement de Soleure, et qui est connu depuis 1844.

Les palœotherium sont très-abondants dans la faune éocène de la Suisse; les Lophiodons y sont aussi représentés par huit espèces dont deux sont nouvelles. On compte dans les listes dressées par M. Rütimeyer 26 espèces d'herbivores, 12 ruminants dont ... espèces de Dichobune, 1 rongeur, 7 carnivores; enfin 1 singe qu'il nomme Cœnopithecus lemuroides.

Les nouveaux genres créés par M. Rütimeyer sont: Chasmotherium voisin de l'Aphelotherium (Gervais) et du Rhagatherium (Pictet), Proviverra, carnivore voisin des Viverra et des Herpestes.

La faune éocène de Suisse a des caractères analogues à celle des hauts plateaux de l'Afrique.

Flore. — *Provence.* — Les terrains gypsifères de la Provence occupent cinq bassins particuliers. Les dépôts de plantes fossiles qu'ils renferment sont espacés à quelque distance et renferment une série de flores locales; ces dernières ont été l'objet d'une étude spéciale de M. G. de Saporta (3) qui les classe ainsi, allant de bas en haut.

---

(1) *Comptes rendus*, LIV, 821. — D.
(2) *Eocane Saugethiere aus dem Gebiet des Schweizer Jura.* Zurich, 1862.
(3) *Comptes rendus de l'Academie des sciences*, II, p. 396; 1862.

1° Flore du gypse d'Aix, comprenant 170 espèces décrites, remarquables par l'abondance des formes australes et tropicales, notamment de celles dont les analogues vivent à présent dans les Indes Orientales, les îles de la Sonde, l'Afrique Australe et l'Océanie.
2° Flore du gypse de Gargas et de la vallée du Sault, 23 à 25 espèces.
3° Flore de Saint-Zacharie, comptant 80 espèces, et déjà bien éloignée de celle d'Aix.
4° Flore des calcaires du bassin de Marseille, renfermant 62 espèces et offrant les mêmes associations végétales que celle de Hœring dans le Tyrol.
5° Flore d'Armissan (60 espèces).
6° Flore de la vallée du Largue, près Manosque (100 espèces environ). L'élément indigène prend un essor plus marqué et les espèces communes ressemblent à celles de la partie inférieure de la molasse suisse.
7° Flore des argiles du bassin de Marseille ; elle ne comprend encore que 30 espèces.

Dans la série de ces flores, les formes australes et tropicales diminuent successivement pour laisser une place plus grande aux formes actuelles de la partie boréale de notre hémisphère : les exotiques sont éliminées successivement et les plantes indigènes leur sont substituées. Cette substitution ne s'opère que d'une façon graduelle et rien ne montre la trace d'une extinction rapide et complète des formes organiques. D'après les recherches de MM. O. Heer et Gaudin sur la flore tertiaire et d'après les travaux géologiques sur la Provence qu'on trouvera plus loin, ces bassins ne seraient d'ailleurs pas synchroniques, et ils appartiennent pour la plupart au terrain miocène (1).

Ile de Wight — Le professeur Sandberger (2) a examiné une collection de fossiles éocènes provenant des couches tertiaires de l'île de Wight. Il considère les lits supérieurs de Hampstead comme les équivalents exacts des lits de Weinheim, Jeurre et du rupélien inférieur de Dumont.

Il est plus difficile d'indiquer les équivalents des lits inférieurs : M. Sandberger ne peut trouver en Alsace et en Allemagne qu'un horizon équivalant au calcaire d'eau douce de Bembridge, c'est celui de Bouxviller (Alsace) et d'Abdstadt (Baden). Il pense qu'on peut y ajouter les calcaires d'eau douce de Castelnaudary.

Les fossiles de Headen Hill et de Colwell Bay appartiennent vrai-

---

1) *Revue de géologie*, II, 222.
2) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 330.

semblablement à l'horizon des marnes supérieures au gypse (Tongrien inférieur et supérieur de Dumont).

Les plantes fossiles des couches de Hampstead ont été collectionnées par M. Pengelly et déterminées par M. O. Heer (1).

Ce sont des graines, des cônes, des feuilles; elles se rapportent à deux espèces, dont quatre ont été récemment trouvées aussi à Bowey Tracey, savoir :

Sequoia couttsiæ (Heer), Andromeda reticulata (Ettingshausen), Nymphæa doris (Heer), Carpolites Websteri (Brongn.). — Les autres espèces sont Cyperites Forbesi, nov. sp., Nelumbium Buchii Ett., Carpolites globulus, nov. sp., Chara Escheri (Braun), Ch. tuberculata (Lyell). M. Heer remarque que six des espèces précitées se rencontrent dans le miocène inférieur du continent.

M. Fisher (2) a subdivisé les lits dits de Bracklesham, de l'île de Wight, en trois étages : dans le plus élevé les gastéropodes abondent et on trouve plusieurs lits de fossiles dont l'un est rempli de Nummulina variolaria; l'étage moyen est remarquable par l'abondance des Nummulina lævigata. Enfin les sables inférieurs sont caractérisés par Cardita acuticostata et Cypræa tuberculosa.

Quelques espèces passent des lits de Bracklesham dans les couches supérieures dites de Barton; mais la faune de Bracklesham a cependant un faciès bien déterminé et les espèces qui s'y trouvent confinées sont : Cardita planicosta, Sanguinolaria Hollowaysii, ... obliquus, Cytherea suberycinoides, Voluta cithara, Turritella ...fera. Pecten corneus est aussi très-caractéristique, mais s'élève encore plus haut, etc.

Bassin de Paris. — Le calcaire à Lophiodon de Provins a été longtemps considéré, soit comme du calcaire de Brie, soit comme calcaire de Saint-Ouen. M. Hébert (3) déclare qu'il est plus ancien que ce dernier, attendu que la couche marine qui le recouvre, qu'on avait généralement considérée comme le prolongement des *marnes à huîtres* de Montmartre, renferme exclusivement les fossiles des sables de Beauchamp.

Dans la Beauce même, M. Hébert a retrouvé un calcaire qu'il assimile à celui de Provins. C'est auprès de Chartres, à Mor... qu'il a vu une carrière ouverte dans un calcaire bréchiforme celluleux, renfermant les deux espèces de Planorbes si com...

---

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 369.
(2) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. LLL.
(3) *Comptes rendus*, II, 149.

à Provins, le même Bithynia, trois Hélix, dont deux de Provins, une Lymnée et une Paludine qui paraît différer de celle de Provins.

Le calcaire de Morancez est d'ailleurs en parfaite concordance avec le calcaire de Beauce sous lequel il s'étend. L'assimilation de ce dépôt avec le calcaire de Provins est fondée sur la détermination de quelques fossiles d'eau douce et sur les caractères minéralogiques de la roche, caractères qui nous semblent s'appliquer également bien à tous les calcaires lacustres, aux couches du calcaire de Beauce comme aux autres.

Pour nous, il nous a toujours paru que toutes les couches lacustres des environs de la Beauce formaient un tout indivisible, et si M. Hébert (3) croit reconnaître dans les parties inférieures quelques espèces de Saint-Ouen, nous ne pouvons nous empêcher de remarquer combien est difficile et délicate la détermination des fossiles d'eau douce.

C'est pour cela aussi que nous ne pouvons accepter sans réserve l'opinion émise par M. Hébert sur l'âge des calcaires lacustres et de certaines meulières du Perche : en assignant à ces dépôts (calcaire de la Poterie, meulière de Nogent-le-Rotrou, etc.) l'âge du calcaire de Saint-Ouen, M. Hébert en a conclu que l'argile à silex inférieure remontait à une origine encore plus ancienne. Mais, en premier lieu, il ne nous paraît pas assez péremptoirement démontré, au moins pour les localités que nous avons nous-même étudiées, que l'argile à silex soit statigraphiquement inférieure à ces dépôts; en second lieu, la question ne nous semble pas complètement élucidée au point de vue paléontologique.

Au reste, en subdivisant, comme il l'a fait le premier, l'argile à silex en deux étages, M. Laugel n'a jamais établi d'une manière dogmatique la limite inférieure de l'étage le plus ancien : il a déclaré, parce que cela était conforme à ses observations circonscrites, que cet étage était synchronique au calcaire de Beauce, alors que certains géologues confondaient indistinctement tout ce qui est argile à silex dans un terrain de transport tout à fait récent. Qu'on fasse un pas de plus en arrière et qu'on montre le même étage synchronique au calcaire de Saint-Ouen ou même antérieur, nous n'en serons point étonnés; seulement les preuves apportées jusqu'ici ne nous semblent pas encore tout à fait décisives.

---

(2) *Bulletin de la société géologique*, t. XIX, p. 445.
(3) *Bulletin de la société géologique*, t. XIX, p. 832.

Belgique. — M. Le Hon (1) a donné sur le terrain tertiaire de Bruxelles un travail très-détaillé, qui sert de complément à ... que sir Charles Lyell a publié il y a plus de dix ans sur les terrains tertiaires de Belgique. M. Le Hon s'est surtout occupé des systèmes bruxellien et lackénien de Dumont.

Le premier, caractérisé par nummulites planulata, appartiendrait, suivant lui, à la partie supérieure du Suessonien de d'Orbigny; le second dans lequel on trouve Nummulites lævigata répondrait à la base de l'étage parisien. Pendant le dépôt du calcaire grossier, le sol tertiaire de Bruxelles aurait été émergé, et ce n'est que plus tard que de nouveaux sédiments l'auraient recouvert à partir de l'âge des sables de Fontainebleau jusqu'à la fin de l'... falunienne.

Quelques-unes de ces conclusions ont été contestées par Hébert (2). Suivant ce géologue, le système Bruxellien correspondrait à la partie du calcaire grossier qui est au-dessous des ... Cerithium giganteum ; le système lackénien comprendrait la ... du calcaire grossier inférieur qui est au-dessus des mêmes ... jusques et y compris le calcaire à Milliolites. Enfin dans ces ... systèmes rien ne pourrait se rapporter aux sables du Soiss...

Provence, Aude, Hérault. — La comparaison entre les ... bassins tertiaires n'est point chose facile; un tel travail est ... incertain que prématuré quand on ne les a pas étudiés sép... dans un grand détail tant au point de vue stratigraph... point de vue paléontologique; et quand de semblables études ... entreprises, on s'aperçoit promptement que la nature ne se ... point à des rapprochements trop minutieux : en les établissant à la fois avec une largeur et une sorte d'élasticité qui se ... aux variations zoologiques et minéralogiques, on peut espérer au contraire de recomposer assez exactement l'histoire des ter...

M. Matheron a entrepris cette tâche pour les terrains tertiaires du Midi de la France.

Dès 1832 (2), il avait donné une description de la grande ... fluvio-lacustre de la Provence, et montré qu'elle se divisait du haut en bas :

1° Terrain d'eau douce supérieur;

2° Molasse coquillère marine;

---

(1) *Bulletin géologique*, t. XIX, p. 832.

(2) *Annales des sciences et de l'industrie du midi de la France*, t. III. ...seille, 1832.

3° Terrain marneux à gypse d'Aix;
4° Terrain à lignite (Fuveau).

Dans un travail récent, M. Matheron (1) a comparé la série de la Provence à celles qu'on observe dans les départements de l'Hérault et de l'Aude.

Dans l'Hérault, il y a, suivant lui, deux grands groupes de couches lacustres :

1° Un groupe supérieur qui comprend au sommet l'équivalent les couches à Paléothérium de Parni et de Gargas, à la base le représentant des argiles et poudingues rouges du bassin à gypse l'Aix;

2° Un groupe inférieur, correspondant à toute la partie de la série rovençale comprise entre ces argiles rouges et poudingues et les gnites de Fuveau. L'Hérault ne montre ni l'équivalent de ces linites, ni d'aucune couche tertiaire plus ancienne.

Sur le versant méridional de la montagne Noire (Aude), il y a ussi deux groupes de couches fluvio-lacustres, l'un inférieur, l'autre ıpérieur au terrain nummulitique. Au premier de ces groupes se ıpporte le gisement fossilifère de Montolieu, si remarquable par ɛs grandes physes; au second les grès de Carcassonne, les gypses ɛs environs de Castelnaudary, les calcaires de Mas-Saintes-ıelles.

La position des grès de Carcassonne n'est pas encore hors de ınteste. Tandis que M. Noguès (2) les place dans le terrain mione, M. d'Archiac (3) les range dans le tertiaire inférieur. D'aès M. Matheron, ces grès occupent le niveau des sables moyens bassin parisien : leurs rapports avec les autres couches de la ·ie de la montagne Noire sont d'ailleurs indiqués par le tableau vant pris dans l'ordre descendant :

1° Grès argileux du Mas-Saintes-Puelles;
2° Calcaires du Mas-Saintes-Puelles (Palæotherium minus, Paıtherium medium, Helix olla, Helix intricata, Helix lepicidites, ımus lœvo-longus, Achatina Vialæi, Planorbis crassus, Planorplanulatus, Cyclostoma elegantites, Cyclostoma formosum);
° Marnes sans fossiles et gypse du Mas Saintes-Puelles;
° Grès de Carcassonne et d'Issel (Lophiodon isselense, Lophio-

(1) *Recherches comparatives sur les dépôts fluvio-lacustres tertiaires des environs de Montpellier, de l'Aude et de la Provence.* — Marseille, 1862.
(2) *Notice géologique sur le département de l'Aude* (1855).
(3) *Mémoire géologique sur les Corbières.* — *Mémoire de la Société géologique de France*, 2e série, vol. IV; 1859.

don tapirotherium, Lophiodon occitanicum, Propalæotherium Isselanum, etc.).

5° Calcaire lacustre de Ventenac et lignites de la Caunette (Planorbis pseudo-rotundatus, Bulimus Hopeï, Unio Tournali.

6° Terrain nummulitique (Neritina Schmideliana, Cerithium involutum, Fusus longævus, Voluta ambigua, Ostrea multicostata, Operculina ammonea, Nummulites planulata, etc.).

7° Calcaire lacustre de Montolieu (Physa prisca, Bulimus primævus, Planorbis conchensis, etc.).

Dans cette coupe, rien ne correspond inférieurement aux lignites de Fuveau et supérieurement à cette partie de la série provençale qui commence par les gypses d'Aix et qui finit par le terrain lacustre supérieur.

Dans le département de l'Aude, nous trouvons encore le [illegible] tertiaire dans le bassin de Narbonne : les couches lacustres de cette région ont toujours été mises en parallèle avec celles du bassin gypseux d'Aix, auxquelles elles ressemblent beaucoup. On [illegible] y distinguer :

1° à la partie supérieure un calcaire lacustre à hélices (Helix Ramondi, H. Tournali, H. Coquii, correspondant aux calcaires à Planorbis et à Lymnées de la série provençale);

2° une partie inférieure, bien plus complexe, qui commence en haut par des calcaires siliceux à Paludestrines et à Cérites et [illegible] termine en bas par les lignites d'Armissan.

M. Matheron reconnaît dans ces deux termes les équivalents du calcaire de la Beauce et des couches à Cerithium [illegible] intermédiaires entre les calcaires à helix de l'Orléanais et [illegible] sables de Fontainebleau. Ces derniers ne seraient pas représentés dans le bassin de Narbonne.

Cette opinion diffère un peu de celle de M. de Saporta (1). [illegible]vant lui, la flore d'Armissan range cette localité dans la partie inférieure du terrain miocène, à laquelle on a quelquefois [illegible] le nom de tongrien. Cette flore a déjà été l'objet de nombreux [illegible]vaux et les plus récents sont ceux de M. Saporta. D'après ses indications, M. Gervais a donné la liste de quatre acotylédones, cinq gymnospermes, de quatre angiospermes monocotylédones et de dix-neuf angiospermes dicotylédones.

Aucune de ces espèces ne se retrouve avec certitude dans les marnes gypsifères d'Aix; au contraire, on les connaît à Radoboj en Croatie, au mont Promina, en Dalmatie, à Héring, en Tyrol

(1) *Bulletin géologique*, vol. XVIII, p. 969.

lusieurs points de la Suisse, dans les lignites des bords du hin, etc.

On n'a encore rencontré à Armissan aucun reste de mammifère; ıais M. Gervais a décrit (1), sous le nom de tetrao Pessiati, un allinacé qui en provient et qui est voisin des tétras et des lagoèdes.

M. Marcel de Serres a signalé à Armissan un poisson, que . Gervais a plus tard nommé notæus laticaudatus; il déclare utefois aujourd'hui que cette détermination a besoin d'être revue qu'il serait nécessaire de vérifier si le notæus d'Armissan ne urrait être assimilé au cyclurus Valenciennesii.

Après avoir mis en parallèle les couches tertiaires de l'Hérault de l'Aude avec celles de la série provençale, bien plus complète prise en quelque sorte comme type général, M. Matheron s'est cupé de comparer cette dernière avec les termes de la série paienne. D'après les données paléontologiques, il se croit en mee d'affirmer :

° Que les lignites de Fuveau sont plus anciens que ceux du onnais et n'appartiennent pas au terrain tertiaire moyen;

° Qu'il y a en tout cas, dans le bassin de Fuveau, un dépôt aneur aux lignites, qui paraît coïncider avec le calcaire pisoique et appartenir par conséquent au terrain crétacé;

' Que le terrain nummulitique est représenté dans le bassin de eau par des couches lacustres.

our ce qui est des gypses d'Aix, ils ne sont pas contemporains eux de Paris, mais ont été déposés en même temps que les sade Fontainebleau. Ce qu'on nomme le terrain à gypse d'Aix ien de M. de Rouville) est un ensemble de couches qui em-se depuis le grès de Beauchamp jusqu'aux calcaires de la ce.

tableau comparatif très-détaillé rend visibles à l'œil les synıismes établis par M. Matheron entre les couches tertiaires ord et celles du midi de la France. Nous le reproduisons ici :

Comptes rendus, t. XIV, p. 895; 1862.

PARIS.		AIX.	MONTAGNE NOIRE.	NARBONNE.
Calcaire de la Beauce et de l'Orléanais.	U.	Calcaire à Limnées.	. . . .	Calcaire supérieur à Helix Ramondi.
Meulières avec paludestrines et Cerithium Lamarckii. . .	T'.	Roche siliceuse avec paludestrines et cérites.	. . . .	Couches plus ou moins siliceuses avec paludestrines et cérites.
Calcaires lacustres de la Beauce.	T. . . . . . S. . . . . . R.	Calcaires marneux.	. . . .	Calcaires marneux, grès, argile et gypse vers la base; dalles d'Armissan. Lignite au dessous.
Grès de Fontainebleau, sables et bancs de coquilles. . . .	Q'.	Calcaires siliceux avec Cerithium Lauræ et calcaires marneux.	. . . .	»
	Q.	Grès sans fossiles.	. . . .	»
Marnes à huîtres. Ostrea callifera. Ostrea longirostris. . .	P.	Calcaire marneux à Cyrènes. .	. . . .	»
	O.	Calcaire marneux et gypse. . . Flore d'Aix.	Grès argileux.	»
Gypse de Paris.	N.	Calcaire sans fossiles.	Gypse sans fossile du Mas-Saintes-Puelles.	»
Calcaire lacustre moyen. . . .	M.	Calcaire à Limnées et Paléothériums de Gargas.	Calcaire du Mas-Saintes-Puelles	»
Grès de Beauchamp.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»

PARIS.		FUVEAU.	MONTAGNE NOIRE.	VALLEMAGNE.
Glaises, sables glauconieux et lits coquilliers de Cuise-La-motte.	K.	Calcaire de Vitrolles.	Partie supérieure du terrain nummulitique de l'Aude passant aux couches suivantes.	Calcaire des escarpements de la garrigue de Vallemagne.
Glauconie moyenne et sables divers.	I.	Argiles rouges de Vitrolles et brèches du Tholonet.	Couches à Alvéolines de la base.	Argiles rouges, Poudingues et calcaires de la garrigue de Vallemagne.
Sables coquilliers de Bracheux et de Noailles.	H'.	Calcaire de Rognac.	Grande lacune.	Calcaires du Puits d'Argent et Dentelles de Vallemagne.
	H.	Marnes, grès et argiles bigarrées de Rognac.		Argiles et grès de Marcouïne.
Lignites du Soissonnais?	G'.	Calcaire de la fabrique de soude de Bachasson.		Calcaires de Villeveyrac.
	G.	Grès et argiles de Fuveau et de la Begude.		Grès et argiles bigarrées de Villeveyrac.
Dépôts lacustres de Rilly-la-Montagne.	F'.	Calcaire à physes de Fuveau, de Mimet et de Simiane.	Calcaire de Montolieu	Grès et calcaire noduleux à physes de Roquemale.
.....	F.	Calcaires, grès et lignites de Fuveau.	.....	»
.....	E.	Couches mixtes du Plan d'Aups, des Martigues et de la Pomme.	.....	»

Le terrain à gypse d'Aix présente, comme l'on voit, un groupe de couches très-complexes dans lequel on trouve les équivalents du grès de Beauchamp, des gypses parisiens, de toute la série du grès de Fontainebleau, en y comprenant les couches à huîtres de la base, enfin les équivalents des calcaires siliceux et marneux de la Beauce ainsi que de l'Orléanais.

Quant à la partie de ce terrain qui renferme les gypses, elle est un peu moins ancienne que les gypses du bassin de Paris, et elle doit être remontée jusqu'au niveau des marnes à huîtres qui sont à la base des sables de Fontainebleau. La flore, les poissons et les insectes d'Aix sont du reste au-dessus des paléothériums de Paris et de Gargas.

Nous remarquerons qu'il est intéressant de voir dans le bassin d'Aix le gypse remonter jusque dans le terrain miocène, [illegible] que dans le bassin de Paris, il redescend jusqu'à la partie inférieure de l'éocène, notamment dans les sables de Beauchamp [illegible] même dans l'étage du calcaire grossier. Bien qu'il ait pris un développement exceptionnel à la fin de la période éocène, le gypse [illegible] donc déposé en couches puissantes, soit avant, soit après cette époque (1).

Miocène.

Faune. — *Pikermi.* — Du temps de Cuvier on n'avait pas encore rencontré de singes fossiles. On en connaît aujourd'hui [illegible] espèces : le Semnopithecus magnus de l'Inde, le Semnopithecus monspesulanus de Montpellier, le Macacus pliocenus de Grays, Essex, le Protopithecus Brasiliensis, les Cebus macrognathus, C[illegible] thrix primævus, Jacchus grandis du Brésil. Les singes miocènes aujourd'hui connus sont les Dryopithecus Fontani et Pliopithecus antiquus auxquels on a ajouté récemment le Mesopithecus Pentelici de Pikermi. Wagner est le premier qui ait eu à sa disposition des crânes de cet animal ; il le crut intermédiaire entre les gibbons et les semnopithèques. MM. Lartet et Gaudry, en 1856, le [illegible] gèrent parmi les semnopithèques. Plus tard, M. Gaudry [illegible] découvrit des membres et montra que si le singe de l'Attique ressemble par sa tête aux semnopithèques, il rappelle les macaques par le reste de son ostéologie. Il est donc une transition qui [illegible] deux genres distincts dans la nature actuelle ; nouvel exemple [illegible]

(1) *Revue de géologie*, II, 251. — *Comptes rendus*, LI, 192.
(2) *Bulletin géologique*, vol. XVIII, p. 1022.

montre qu'il faut se mettre en garde contre les applications exagérées du principe de la connexion des caractères organiques. M. Wagner avait, d'après certains ossements, établi une seconde espèce de singe à Pikermi, Mesopithecus major. MM. Lartet et Gaudry ont reconnu que les différences qui ont servi à l'établir n'ont rien de spécifique et sont comparables à celles qu'on peut observer entre le mâle et la femelle de la même espèce.

Dans son ouvrage, M. Gaudry cherche à prouver que non-seulement les singes, mais aussi la plupart des mammifères fossiles de Pikermi établissent des intermédiaires entre les espèces déjà connues soit vivantes, soit fossiles; il insiste sur les liens étroits qui semblent les unir. Ainsi, le Metarclos (Simocyon) a une canine de chat, une carnassière de chien, quoique ses autres caractères rappellent surtout la famille des ours; la Promephitis s'intercale pour la dentition entre les mouffettes et les martes; le peu que l'on connaît de la Mustela Pentelici indique une grande ressemblance avec les martes vivantes. Les Ictitherium, qui se rattachent à la famille des civettes par le nombre de leurs dents, se rapprochent tellement des hyènes par leur forme qu'un très-habile paléontologiste, ayant trouvé une mâchoire à laquelle manquait la seconde tuberculeuse caractéristique des civettes, l'attribua à une hyène. Réciproquement, un animal de la famille des hyènes, l'Hyænictis, a la même formule dentaire que les civettes à la mâchoire inférieure. Enfin une hyène proprement dite établit un intermédiaire pour la dentition entre l'hyène rayée et l'hyène tachetée, espèces actuellement vivantes. L'étude des pachydermes et des ruminants de Pikermi offrira les mêmes exemples de passages que les carnassiers.

Les recherches de M. A. Gaudry montrent donc que les animaux fossiles viennent combler des lacunes existant dans la série animale et y établir, selon l'idée philosophique soutenue déjà par de Blainville, une sorte de continuité.

On a découvert en Grèce une grande partie des membres du Machairodus à canines en forme de lames de poignard; c'était un animal un peu plus fort que le lion et le tigre royal; la phalange unguéale de son pouce indique un ongle énorme. Outre le Machairodus, Pikermi renferme quatre espèces de la famille des chats. On n'a trouvé qu'une seule espèce de rongeur, c'est un porc-épic plus grand que les espèces actuelles (Hystrix primigenia). Il faut remarquer que les petits mammifères sont très-rares à Pikermi; ce gisement a été particulièrement le rendez-vous des animaux gigantesques.

La dernière livraison de l'ouvrage de M. Gaudry, qui a paru en 1863, renferme l'étude de l'Ancylotherium. Cet animal est le plus grand édenté jusqu'à présent découvert en Europe; les édentés actuels ne sont auprès de lui que de chétifs animaux. Il était intermédiaire pour la taille entre les rhinocéros et les mastodontes. Il était incapable de grimper; c'était un marcheur. Les doigts de devant portaient des ongles énormes; ils étaient nécessairement crochus; le nom d'Ancylotherium (grand animal crochu) est destiné à rappeler cette particularité de son organisation.

La faune miocène de Pikermi ne renferme pas seulement les mammifères : nous avons donné l'an dernier (1) la liste de ces derniers : depuis lors M. Gaudry (2) en a fait connaître les oiseaux et les reptiles.

Les oiseaux se rapportent à l'ordre des Gallinacés et à celui des Échassiers; en voici les noms : Phasianus Archiaci. — Gallus Æsculapii. — Grus Pentelici.

On a découvert à Pikermi une tortue fossile, qui ressemble extrêmement aux tortues terrestres, si abondantes actuellement en Grèce. Elle a été nommée Testudo marmorum. M. Gaudry signale aussi une vertèbre fossile qui a de la ressemblance avec celles des varans et annonce un saurien qui devait avoir 1^{m}.50 de longueur.

D'après sa faune, Pikermi appartient au miocène supérieur; c'est un dépôt ossifère de même âge que Cucurron et Eppelsheim; il serait au contraire plus récent que le dépôt de Sansan qu'on connaît si bien, grâce aux belles recherches de M. Lartet.

Dax. — M. Valenciennes (3) a étudié une mâchoire de dauphin, trouvée par M. Thoré dans le miocène de Montfort près Dax, dans les Landes.

D'après une crête osseuse que portent ses dents, M. Valenciennes regarde ce dauphin comme différent de celui décrit par Cuvier comme Delphinus macrogenius; il propose de le nommer Delphinus Lophogenius.

Allier. — M. Milne-Edwards (4) a donné la description des oiseaux fossiles des terrains miocènes du département de l'Allier. Ils appartiennent à douze espèces nouvelles; neuf d'entre elles se rapportent à des genres connus tels que Aigle, Grand-Duc, Chouette

(1) *Revue de géologie*, vol. II, p. 220.
(2) *Bulletin géologique*. vol. XIX, p. 629.
(3) *Comptes rendus*, LIV, 788. — D.
(4) Mémoire sur la distribution géologique des oiseaux fossiles (D.)

Chevalier, Canard, Mouette, Pélican, Cormoran; trois font partie d'un genre aujourd'hui éteint, auquel M. Alphonse Milne-Edwards a donné le nom de Palœlodus. Ce genre doit prendre place à côté des Flamants, qu'il relie aux autres Échassiers longirostres et il formait sans doute parmi ces derniers un type palmipède nageur.

Steinheim. — On a compté déjà plus de soixante espèces parm les cerfs fossiles; mais la plupart, il faut le dire, n'ont pas été établies avec une rigueur suffisante. M. Oscar Fraas (1) a décrit, avec *soin*, les restes très-bien conservés et très-complets des cerfs, provenant du terrain tertiaire de Steinheim. Ce petit bassin du Wurtemberg, très-circonscrit et entouré de roches jurassiques, contient une grande abondance de restes de mammifères, de tortues et de poissons, avec un mollusque Valvata multiformis, qui n'a jamais été trouvé ailleurs, même dans le Ries, près d'Ulm; il renferme beaucoup d'espèces communes au terrain tertiaire de Mayence, d'Ulm, l'Auvergne et du Sud de la France. M. Fraas estime que les couches tertiaires de Steinheim correspondent à la 2ᵉ époque *ertiaire*, à l'âge de l'Anchitherium aurelianense, de l'Aceratherium ncisivum, ou Rhinocéros sans cornes.

Ce terrain ne renferme que deux espèces de cerfs; l'un de petite aille, Cervus furcatus, l'autre deux fois plus grand, Cervus pseuo-elaphus. Suivant M. Fraas, le cerf de Montabusard, de Cuvier, Dorcatherium Naui, de Kaup, le Palœomeryx Scheuchzeri, de . Meyer, le Dicrocerus crassus de M. Lartet ou Hyæmoschus, Prox furcatus de Hensel, seraient des synonymes différents d'un ême animal.

M. Fraas a aussi décrit, parmi les animaux de Steinheim, un imal analogue à la Loutre du Cap, et l'a nommé Palæomephitis *ygeri et* un rongeur qui rappelle les chinchillas, Archœmys Steinimensis.

Pour compléter cette liste de la faune de Steinheim, nous devons core y ajouter deux espèces de Rhinoceros ou d'Acerotherium, incisivus et R. minutus Cuvier (ou Steinheimensis de Jäger).

Monte Bamboli. — Le gisement miocène de Monte Bamboli, en *scane, est* depuislongtemps connu par ses lignites, mais sa faune été qu'imparfaitement étudiée. Les seuls restes de mammifères on y ait trouvés appartiendraient, d'après M. Meneghini (2)

---

(1) *Jahrrschifte des Ver. für V. Naturk. in Wurtemberg*, vol. XVIII, p. 112. — tgart, 1862.

(2) *Atti della Societa Ital. di Scienze natür.*, vol. IV.

aux espèces suivantes : Lutra Campanii nov. sp. et Amphicyon La-rillardi ? (Pomel); la première est représentée par une tête qui est conservée au musée de Sienne; la seconde par une mâchoire gardée au musée de l'Université de Pise.

Flore. — Le dépôt de lignites, d'argile et de sable de Bovey Tracey, qui avait été rapporté au miocène inférieur, contient une flore dont M. O. Heer vient de faire l'étude : il en a décrit ... espèces, dont 2. sont nouvelles et dont la plus remarquable est Sequoia Couttsiæ, nouvelle espèce de conifère fossile. M. Pengelly (1) a signalé la découverte de certaines espèces de Bovey Tracey, faite dans les lits de Hempstead, dans l'île de Wight. M. Heer (2) a aussi décrit cette flore; il a montré qu'elle appartient bien au miocène inférieur et n'a rien de commun avec la flore éocène de la série de Bembridge et d'Alum-Bay : ses ... ont été déposés dans un lac, où les nymphæa et les nelumbium étendaient leurs feuilles sur les eaux et dont les bords étaient entourés de sequoia, de palmiers et d'andromèdes. De temps à autre cependant, ce lac a été en communication avec des eaux saumâtres, comme l'indiquent les lits de coquilles marines intercalés entre les couches lacustres.

Gironde. — Le groupe du terrain miocène forme dans le sud-ouest de la France, et notamment dans la Gironde, une série que M. Tournouer (3) croit devoir diviser en deux étages:

1° L'étage inférieur, se reliant à l'éocène par un mélange d'espèces identiques ou très-voisines assez nombreuses.

2° L'étage supérieur, où il distingue deux sous-étages : le falun de Bordeaux et de Dax, et le falun de Salles et de Saubrigues. Ce dernier étage se relie à la faune du pliocène subapennin par un mélange d'espèces de plus en plus marqué à mesure qu'on s'élève dans des dépôts plus récents.

Entre ces deux formations marines, il y a dans le sud-ouest d'importantes formations d'eau douce qui sont très-développées dans le centre de l'Aquitaine; elles alternent, principalement dans le Bazadais, avec des dépôts marins intercalés, les faluns de Bazas et de Saint-Avit, dont la faune relie celle de l'étage inférieur à celle des faluns supérieurs.

M. Tournouer met les faluns supérieurs de Salles (à Ca-

---

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 369.
(2) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 371.
(3) *Bulletin géologique*, vol. XVIII, p. 1035.

Jouannetti et Trochopora Consia), ceux de Bordeaux (à Pecten burdigalensis et Operculina compłanata), et les dépôts synchroniques de Saucats, de Léognan au niveau des faluns de Touraine. D'autres observateurs, particulièrement MM. Raulin et Delbos, les placent au contraire au-dessous.

Les parallélismes deviennent moins apparents au-dessous des faluns de Bordeaux : le calcaire lacustre supérieur de Saucats (avec Helix girondica, Limnæa girondica, Planorbis subpyrenaïcus, Paludina Dubuissoni, Dreissena Brardi) représenterait le calcaire de la Beauce : tous les dépôts inférieurs, faluns de Bazas, calcaire lacustre inférieur de Villandiant, mollasses et argiles, calcaire à Astéries, couches à Cérites, bancs d'Ostrea longirostris, sont mis en regard de la formation des sables de Fontainebleau, y compris la marne d'Etampes à Potamides Lamarckii qui les couronne, et les marnes vertes à Ostrea longirostris et Ostrea cyathula qui leur servent de base.

Açores. — L'île Santa-Maria est la plus méridionales des Açores. Nous avons déjà rendu compte des travaux que M. Hartung (1) a faits dans ces îles; M. W. Reiss (2) s'est attaché à faire connaître d'une manière spéciale les couches tertiaires de Santa-Maria, et Bronn en a décrit les fossiles.

Pliocène.

Saint-Prest. — Le terrain pliocène est représenté près de Chartres, à Saint-Prest, par des sables. Les fouilles ont fait découvrir une grande quantité d'ossements de mammifères, qui ont été collectionnés par M. de Boisvillette. D'après M. Laugel (3), qui a eu un libre accès dans sa collection et qui a fait lui-même des recherches à Saint-Prest, la faune de cette localité comprend :

Elephas meridionalis. Nesti.	Equus, une espèce différente du plicidens, mais non dénommée.
Rhinoceros leptorhinus. Cuv.	Bos, une espèce non dénommée.
Hippopotamus major.	Conodontes Boisviletti, grand rongeur, de la taille d'un castor; genre nouveau.
Megaceros Cornutum, espèce nouvelle.	
Cervus, trois espèces non dénommées.	

(1) *N. Jahrbuch de L.*, 1; 1862.
(2) *Revue de géologie de* 1860, t. I, p. 172.
(3) *Bulletin géologique*, vol. XIX, p. 709.

L'ensemble de cette faune est éminemment pliocène; et comme les sables de Saint-Prest reposent directement sur la craie, sans intermédiaire de couches miocènes, il n'y a pas à craindre le mélange de fossiles des deux terrains. Dans le département d'Eure-et-Loir, les mammifères miocènes ne se trouvent qu'à une assez grande distance, dans les lambeaux de sables synchroniques des faluns qui touchent à l'Orléanais.

Gironde. — Plusieurs géologues ont rangé dans le terrain diluvien les sables bigarrés, avec lits intercalés de galets quartzeux et dépôts argileux et ferrugineux qui se trouvent sur la rive droite de la Garonne. M. Dufrénoy ne partageait point cet avis, et, dès 1835, montrait que les galets qui recouvrent les coteaux de la Chalosse, les environs de Pau et les sommités les plus élevées de l'Agenois, sont antérieures à la grande révolution qui a précédé l'époque actuelle de tranquillité. Il admit que ces dépôts sont contemporains des sables des Landes, situés sur la rive gauche de la Garonne. M. Jacquot (1) a apporté des faits nouveaux à l'appui de cette opinion.

La formation des sables tertiaires supérieurs s'étend sans discontinuité depuis les Pyrénées jusqu'à la mer, en variant de caractères. Composée auprès de ces montagnes de galets énormes, elle devient, en s'éloignant, de plus en plus sableuse et moins grossière.

Dans sa partie supérieure, elle renferme assez souvent des lignites qui sont en général d'un emploi difficile, à cause de leur état de décomposition avancé et des pyrites qui s'y rencontrent.

La flore de ces lignites mériterait de devenir l'objet d'une étude spéciale.

TERRAINS POST-TERTIAIRES.

Cavernes à ossements. — Sur le revers méridional des Mendip Hills, à 6 kilomètres de Wells en Somersetshire, on a trouvé sur les bords de la petite rivière Axe, une caverne ouverte dans un conglomérat dolomitique et remplie de limon. On en a extrait des ossements que M. W. B. Dawkins (2) attribue aux espèces suivantes: Felis spelæa, Hyæna spelæa (très-nombreux), Canis vulpes, lupus, Ursus spelæus, Equus (très-nombreux), Rhinoceros tichor

(1) *Note sur le terrain tertiaire supérieur dans la partie orientale du département de la Gironde*, par M. Jacquot. 1862.
(2) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 115.

ius, R. leptorhinus? Bos primigenius, Megaceros Hibernicus, Cervus Bucklandi, C. Guettardi, C. tarandus?, C. dama?, Elephas prinigenius.

A la partie superficielle du limon, on a trouvé quelques silex aillés.

M. l'abbé Puech (1) a décrit avec beaucoup de détail une autre rotte ossifère, celle de l'Herm (Ariége); il en a présenté un grand ombre de coupes et en a raconté l'histoire. On y a trouvé de ombreux ossements d'ours, du grand felis des cavernes, quelques estes de chien, d'hyène, de cheval et d'herbivores (chèvres? antiipes?) L'homme a habité cette caverne, mais, d'après M. Puech, en n'indique qu'il y ait été le contemporain des animaux dont les estes s'y rencontrent.

Terrain de transport. — *Vallée du Danube.* — Le lit actuel du inube et de ses tributaires hongrois est creusé dans des dépôts enèrement diluviens, de même que celui des fleuves russes qui se versent dans la mer Noire; les eaux atteignaient autrefois des niaux plus élevés et suivaient d'autres circuits, comme l'indiquent inciens lits desséchés entre la Theiss et la Transylvanie, de même e ceux qu'on trouve dans les plaines moldaves et le long du Pruth du Sereth. On rencontre des dépôts d'alluvion sur le loess, à s altitudes fort élevées, à Semlin, par exemple, en face de Belide; les falaises du fleuve en ce point montrent à la base des iviers diluviens, avec Elephas, Rhinocéros, Bos, etc., couverts de ss, couronné lui-même par des sables qui renferment des ossents de Bos, de Cervus, des coquilles d'eau douce.

.e loess forme vers Odessa des falaises de 60 mètres de hauteur, reposent sur le calcaire néogène; on le voit aussi largement eloppé à Kustendje; il s'amincit à mesure que l'on se rapproche Balkans. Le lac où s'est formé ce dépôt a couvert les plaines tiques, et sans doute toute la grande dépression Aralo-Casine. Le lit actuel de la mer Noire n'était pas encore affaissé à niveau présent: la plaine hongroise y formait une grande baie se trouvait en communication avec le lac par les Portes de fer, me le pont Euxin communique actuellement avec la mer de mara par le Bosphore.

iivant M. Szabó (2), auquel est due la description de ces dépôts

---

Bulletin géologique.

Egy continentalis emelkadet és Jülyedésröl Europa délkeleti részén. Szabó e f. Magyar Tudom. Akad. Eokonyvei, Tiredik Kotet, 6 Darab.

récents, le loess a certainement été produit par des eaux douces et les glaciers n'ont joué aucun rôle dans sa formation. La chaîne du Caucase et de la Crimée étendait deux branches vers l'ouest, la première vers le Balkan, l'autre vers Fidonisi, la seule île de la mer Noire, et vers les montagnes de la Dobrudscha.

L'affaissement du lit de la mer Noire mit les eaux douces en communication avec la Méditerranée; et le régime actuel des eaux put s'établir par degrés.

Dépôts glaciaires. — Les blocs erratiques qui se retrouvent sur les chaînes du Jura ont-ils été amenés des Alpes à leur place actuelle par des glaces flottantes, qui auraient voyagé sur un grand lac compris entre les deux chaînes? M. Ramsay (1) ne le pense pas, parce que le niveau d'un semblable lac qui eût été extrêmement étendu, si on le place à l'altitude des plus élevés parmi ces blocs, eût été marqué par certains dépôts lacustres, et qu'on ne les trouve nulle part. M. Ramsay est donc revenu à l'hypothèse hardie d'Agassiz : il pense que pendant l'époque du refroidissement, un glacier sortait du Valais et allait s'étaler tout le long de la chaîne jurassique, qu'un autre issu de la vallée du Rhin couvrait le bassin actuel du lac de Constance : du côté de l'Italie, les glaciers descendaient jusqu'à Ivrée, et remplissaient les bassins du lac de Come et du lac Majeur. Suivant M. Ramsay, ce sont les glaciers eux-mêmes, qui ont creusé et approfondi les bassins actuels des lacs Alpins Dans une coupe longitudinale de Genève à Villeneuve, le fond du lac de Genève présente la forme d'une courbe concave, dont la plus grande profondeur est atteinte entre Lausanne et Evian : la diminution de profondeur depuis cette partie du lac jusqu'à Genève serait en rapport, suivant M. Ramsay, avec la diminution d'épaisseur de la glace du glacier de l'un de ces points à l'autre. L'usure produite par le glacier était d'autant plus énergique que son épaisseur était plus grande. Si les choses se sont passées ainsi, le fleuve de glace devait d'ailleurs remonter une pente depuis Lausanne jusqu'à Genève; alors il est assez difficile d'expliquer comment la glace se mouvait par l'effet de son poids sur une surface horizontale très étendue, et surtout sur une surface inclinée en sens contraire de la gravité. Pour faire accepter l'hypothèse qu'il propose et qui nous engagerait à considérer tous les bassins des lacs Alpins comme creusés par le puissant burin des glaciers, M. Ramsay cherche à d

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVIII, p. 185.

trer que ces réservoirs ne remplissent point des failles. Suivant lui, il ne pourrait jamais se former de failles béantes, parce que le phénomène des soulèvements est toujours accompagné par une puissante compression latérale.

Mais il faudra remarquer cependant qu'en brisant les voussoirs de la voûte terrestre et en les amenant les uns contre les autres, la pression ne doit évidemment pas donner à la superficie générale des terrains disloqués une courbure partout convexe; or dans les points où les courbures deviennent concaves, où les angles sont obtus au lieu d'être aigus, on comprend très-bien qu'il puisse se produire des lacs.

Malgré les objections que soulève la théorie glaciaire, elle reprend évidemment grande faveur en Angleterre : ainsi, M Jamieson (1) a donné une carte qui indique la direction des stries dans les diverses parties de l'Ecosse et il en infère qu'elles sont dues au burinage des glaciers. Toutefois il admet qu'après l'époque où leurs rameaux descendirent très-profondément dans les vallées, il s'est opéré un abaissement général des îles Britanniques, dont le tracé est encore bien marqué par les accumulations de coquilles marines et de silex qu'on retrouve dans le pays de Galles jusque vers 400 mètres d'altitude. Postérieurement des glaces côtières ont pu jouer leur rôle dans le phénomène du polissage et du striage des roches.

---

(1) *Quart. Journ.*, vol XVIII, p. 164.

MÉMOIRE

SUR

L'EMPLOI DU MICROSCOPE POLARISANT ET SUR L'ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS OPTIQUES BIRÉFRINGENTES PROPRES A DÉTERMINER LE SYSTÈME CRISTALLIN DANS LES CRISTAUX NATURELS OU ARTIFICIELS.

Par M. DES CLOIZEAUX.

J'ai annoncé, dans la préface du premier volume de mon *Manuel de Minéralogie* paru en 1862, que je donnerais à la in du second volume une note sur l'usage et la construction u microscope polarisant qui m'a servi à obtenir la plupart es résultats que j'ai déjà publiés à plusieurs reprises. Mais ressé par un grand nombre de minéralogistes de devancer époque encore incertaine où ce second volume pourra araître, je me suis décidé à livrer à l'impression les détails uivants (*).

La détermination exacte du système cristallin est une uestion fondamentale, surtout dans l'étude si intéressante : l'isomorphisme et du dimorphisme des cristaux naturels artificiels. Or cette détermination peut rester incertaine, rsqu'elle n'est basée que sur l'étude de caractères phy-

(*) Je suppose le lecteur au courant des manipulations néces-res pour le travail des plaques destinées à être soumises au mi-scope polarisant. Ces manipulations ont déjà été indiquées par *Grailich* dans un intéressant mémoire ayant pour titre : *Krys-lographisch-optische Untersuchungen*, couronné par l'Académie sciences de Vienne, et publié à Vienne en 1858. D'ailleurs, à ins qu'on n'ait affaire à des sels artificiels ou à des minéraux ten-s et faciles à user sur des plans de cuivre ou de verre avec de *ieri* de diverses grosseurs, et à polir sur du papier, du drap ou satin avec du tripoli très-fin ou du rouge d'Angleterre, le mieux d'avoir recours à un opticien habile et intelligent ou même à un daire, comme on en rencontre à peu près dans toutes les villes sont cultivées les sciences d'observation.

siques ou géométriques incomplets. Elle acquiert au contraire un très-grand degré de certitude toutes les fois que les corps sont transparents, et qu'à l'examen cristallographique viennent se joindre des épreuves optiques convenables. Les plus décisives consistent à rechercher :

1° Si la substance cristallisée jouit ou ne jouit pas de la double réfraction.

2° Dans le cas où elle jouit de la double réfraction, si elle possède un seul axe ou deux axes optiques.

3° Dans le cas où elle possède deux axes optiques, quelle est l'orientation du plan où ces axes sont situés, et surtout quelle est la position que les bissectrices des deux angles supplémentaires formés par la rencontre de ces axes, à l'intérieur du cristal, occupent relativement aux axes cristallographiques.

4° Quel est le genre de dispersion que présentent, dans les cristaux biaxes, les axes optiques correspondant aux différentes couleurs du spectre.

Quant à l'écartement des axes optiques, il est souvent influencé sur les échantillons d'une même espèce minérale, tantôt par une très-légère variation dans leur composition, tantôt par la température à laquelle ils *sont* ou *ont* été soumis (orthose, Zoïsite, clinochlore, Cordiérite, Heulandite, calamine, cymophane, Brookite, gypse, Glaubérite, barytine, célestine, Struvite, etc.), tantôt enfin par les circonstances qui ont présidé à leur formation ; sa mesure ne constitue donc qu'une donnée essentiellement inconstante. On ne doit également attacher, comme moyen de distinction des espèces, qu'une importance très-secondaire à l'orientation du plan qui renferme les axes optiques ; car si l'on examine, soit à la même température, soit à des températures différentes, plusieurs cristaux chimiquement et géométriquement semblables, ou même les diverses plaques d'un seul cristal, ces axes peuvent s'ouvrir dans deux plans rectangulaires entre eux ; ou bien, lorsque leur disper-

ɪst considérable et leur écartement faible, une même plage
ɪeut offrir les axes correspondant aux rayons rouges dans
ın certain plan et les axes correspondant aux rayons bleus
lans un plan perpendiculaire au premier (orthose, Zoïsite,
Ieulandite, Prehnite, cymophane, Brookite, gypse, Glaubé-
ite, etc.).

On n'a rien de bien caractéristique non plus à tirer du
ens *positif* ou *négatif* que présentent, l'axe unique des
ristaux uniaxes (certains cristaux d'apophyllite sont *positifs*
our une extrémité du spectre et *négatifs* pour l'autre ex-
émité) ou la bissectrice de l'angle que les axes font entre
ıx dans les cristaux biaxes.

Avant de décrire les appareils et les procédés qui me pa-
ıissent le plus convenables pour entreprendre les recher-
ıes que je viens d'énumérer, je vais rappeler quelques
éfinitions bien connues des physiciens et montrer com-
ent se manifestent les divers genres de dispersion des axes
ɪtiques, signalés pour la première fois dans un certain
ımbre de cristaux appartenant aux systèmes rhombique et
norhombique, par MM. Herschel, Nörremberg, Neumann
Müller.

Axes optiques. Un axe optique peut être défini : une ligne
ns la direction de laquelle la double réfraction est nul-
(*). La position d'une pareille ligne est indiquée au mi-
ɔscope polarisant, dans la lumière convergente, par les

---

*) Cette définition n'est rigoureusement vraie que dans le cas
cristaux à un seul axe optique; mais on lui donnera toute la
ıéralité nécessaire en ayant recours à la propriété physique sui-
ıte. Si l'on taille une plaque perpendiculaire à un axe optique,
t rayon lumineux, tombant normalement sur cette plaque, en-
ra en formant intérieurement une nappe conique creuse et sor-
en formant extérieurement une nappe cylindrique creuse, que
ace de sortie soit ou non parallèle à la face d'entrée. Toutefois,
te surface cylindrique a une base dont les dimensions sont en
éral si restreintes, qu'expérimentalement on peut presque tou-
rs la considérer comme se réduisant à un seul rayon.

phénomènes suivants. Lorsqu'on opère sur une plaque à faces parallèles, normale à l'axe d'un cristal uniaxe, on voit une série d'anneaux circulaires, concentriques autour de la normale à la plaque et généralement traversée par une croix noire dont les branches s'épanouissent en pinceaux, l'une étant parallèle et l'autre perpendiculaire au plan de polarisation de l'instrument. Si la plaque est oblique à l'axe, les anneaux prennent une forme elliptique d'autant plus prononcée que l'obliquité est plus grande; en même temps le centre de la croix se déplace, et celle-ci finit par disparaître complétement quand l'obliquité devient très forte.

Lorsqu'on opère sur une plaque normale à l'un des axes d'un cristal biaxe, les anneaux qui se manifestent sont plus ou moins ovales, et ils sont *toujours* traversés, soit par une bande noire ou frangée des couleurs du spectre, quand le plan qui contient les deux axes optiques est parallèle ou perpendiculaire au plan de polarisation du microscope, soit par une branche d'hyperbole à courbure variable, à extrémités plus ou moins épanouies, quand le plan des axes est à 45 degrés du plan de polarisation. L'obliquité de la plaque sur l'axe rend les anneaux plus ovales, sans changer le caractère de la barre qui les traverse; si les axes optiques ne sont pas trop écartés, cette obliquité peut devenir telle qu'on voie à la fois les deux systèmes d'anneaux correspondant aux deux axes.

Dans les cristaux à un seul axe optique cet axe coïncide toujours avec l'axe principal cristallographique dont la direction est parallèle au plan de polarisation du rayon *ordinaire* et perpendiculaire au plan de polarisation du rayon *extraordinaire*. Le cristal est dit *positif* ou *négatif* suivant que l'indice de réfraction du rayon *extraordinaire* est plus grand ou plus petit que l'indice du rayon *ordinaire*.

Dans les cristaux à deux axes optiques, ces axes font entre eux, à *l'intérieur* du cristal, un angle géné

nent différent de 90 degrés ; ils offrent par conséquent, utour de leur point d'intersection, un angle aigu et un ngle obtus supplémentaires l'un de l'autre. Les bissecrices de ces deux angles, rectangulaires entre elles, et ne troisième droite perpendiculaire au plan qui les con-ent, constituent trois directions remarquables (*) norma-ement auxquelles sont dirigés et polarisés les rayons de lu-ière qui fournissent les trois constantes nommées *indices e réfraction principaux* de la substance biréfringente. Aux

---

(*) Ces directions, qui coïncident respectivement avec les arêtes fringentes des trois prismes généralement nécessaires pour la termination des indices principaux, se confondent aussi avec les es *d'élasticité optique* maximum, minimum et moyenne, auxquels esnel rapporte les phénomènes de la propagation lumineuse ns les milieux cristallisés, et qui se définissent par la propriété ysique suivante :

Lorsqu'on prend une plaque à faces parallèles, taillée perpen-culairement à un axe d'élasticité optique, tout rayon lumineux mbant normalement sur cette plaque entre et sort sans se bifur-er ; mais si la face de sortie n'est pas parallèle à la face d'entrée, entre sans se bifurquer et sort en se bifurquant. Toutefois, la urcation n'a pas lieu dans les cristaux uniaxes où l'axe d'élas-ité normal à la face d'entrée coïncide avec l'axe optique et c l'axe principal cristallographique.

Dans les cristaux à un seul axe optique, c'est l'axe d'élasticité *nimum* ou *maximum* qui coïncide avec l'axe optique, suivant que cristal est *positif* ou *négatif ;* mais outre cet axe principal d'élas-ité, il en existe une foule d'autres, car toute droite perpendicu-e à l'axe optique peut être regardée comme un axe d'élasticité ondaire.

es cristaux à deux axes optiques ne possèdent au contraire que trois axes d'élasticité rectangulaires entre eux cités plus haut. axes d'élasticité optique *maximum* et *minimum* sont toujours és dans le plan des axes optiques ; l'axe d'élasticité *moyenne* est pendiculaire à ce plan. Si α, β, γ désignent les trois indices de action maximum, moyen et minimum, les trois élasticités cor-ondantes ou les vitesses de propagation des ondes planes pa-èlement aux axes d'élasticité sont respectivement égales à $\frac{1}{\beta}$, $\frac{1}{\gamma}$, et on dit que la bissectrice de l'angle que les axes opti-s font entre eux est *positive* ou *négative* suivant qu'elle coïncide c l'axe d'élasticité *minimum* ou *maximum.*

deux bissectrices correspondent toujours l'indice *maximum* et l'indice *minimum*, tandis que l'indice *moyen* correspond à la direction normale au plan qui renferme les axes optiques et leurs bissectrices. Par suite de la réfraction que les rayons lumineux éprouvent en passant du cristal dans l'air, il est clair que l'écartement apparent des axes est toujours plus grand que leur écartement intérieur ou réel, et il arrive souvent que les anneaux ne sont plus visibles dans l'air même autour de la bissectrice aiguë; nous verrons plus loin comment on peut alors reconnaître la position de cette bissectrice. Quoique la distinction des cristaux biaxes en positifs et négatifs n'ait plus la même signification que pour les cristaux uniaxes, on convient de regarder comme positive ou comme *négative* la bissectrice à la direction de laquelle se rapporte l'indice *maximum* ou l'indice *minimum* (*).

Si maintenant nous considérons le mode de propagation de la lumière et la position de l'axe optique lorsqu'il n'y en a qu'un seul, ou du plan des axes optiques et de leurs bissectrices lorsqu'il y en a deux, par rapport aux axes cristallographiques, nous pourrons classer tous les cristaux de la manière suivante :

1° Cristaux du système cubique. La lumière se propage dans tous les sens avec la même vitesse. La réfraction est simple.

2° Cristaux du système quadratique et du système rhomboédrique. La lumière se propage avec la même vitesse suivant toutes les directions normales à l'axe principal

(*) A moins de conventions contraires, les propriétés optiques biréfringentes des cristaux biaxes étant toujours rapportées à la bissectrice de l'angle *réel* aigu que les axes optiques font entre eux, c'est le signe positif ou négatif de cette bissectrice qui fixe le signe du cristal. Par abréviation, la même bissectrice est souvent désignée sous le nom de bissectrice *aiguë* ou simplement bissectrice ou *ligne moyenne*; la bissectrice de l'angle obtus est dite bissectrice obtuse ou *ligne supplémentaire*. La normale au plan des bissectrices, qui est l'axe d'élasticité moyenne, est dite axe

tallographique et avec une vitesse différente suivant cet ɪxe. La double réfraction est à un seul axe optique qui :oïncide avec l'axe principal cristallographique.

3° Cristaux du système rhombique (prisme rhomboïdal droit). Le plan qui renferme les deux axes optiques coïncide avec le plan de la base rhombe ou avec l'un des plans liagonaux du parallélipipède pris pour forme primitive ; leurs bissectrices *aiguë* et *obtuse* coïncident donc, soit avec les liagonales de la base, soit avec l'une de ces diagonales et ,vec l'arête verticale (hauteur du prisme de Lévy ou axe 'ertical de Naumann).

4° Cristaux du système clinorhombique (prisme rhomboïdal oblique). Le plan des axes optiques est parallèle ou ɪerpendiculaire au plan de symétrie. Dans le premier cas, ɜs bissectrices *aiguë* et *obtuse* n'ont, avec la diagonale inlinée de la base rhombe et avec l'arête verticale, aucune ɜlation de position qu'on puisse prévoir *à priori*. Dans le ɜcond cas, l'une des bissectrices, normale au plan de ʸmétrie, est parallèle à la diagonale horizontale de la base, ais l'autre occupe une position quelconque par rapport à ɪrête verticale et à la diagonale inclinée.

5° Cristaux du système anorthique (prisme doublement ɪlique). Le plan des axes optiques et leurs bissectrices ont aucune relation nécessaire avec les plans diagonaux les axes cristallographiques de la forme primitive, quelle ɪe soit la direction qu'on assigne à ceux-ci.

Dispersion des bissectrices. — Il ne peut exister de disrsion des bissectrices que si elles ne coïncident pas avec axe cristallographique. Par conséquent elles n'offrent s de dispersion dans les cristaux du système rhombique. ns le système clinorhombique, la dispersion a lieu pour les ɪx bissectrices à la fois, lorsque le plan des axes optiques ncide avec le plan de symétrie, et pour une seule lorsɜ ce plan est normal au plan de symétrie. Dans le sysɪe anorthique la dispersion existe en même temps pour

les deux bissectrices et pour l'*axe moyen* qui est perpendi-
culaire à leur plan.

Dispersion des axes optiques. — La dispersion des axes
optiques est à la fois une conséquence de la dispersion des
bissectrices et de l'inégale réfrangibilité des différentes cou-
leurs du spectre. Il résulte de là : 1° que dans les cristaux
du système rhombique, la dispersion des axes se fait sy-
triquement autour de la bissectrice *aiguë* et autour
bissectrice *obtuse*, dans le plan qui contient ces bissec-
2° que dans les cristaux du système clinorhombique la dis-
persion peut avoir lieu suivant trois modes différ-
3° enfin que dans les cristaux du système anorthi-
dispersion ne présente plus aucune symétrie néces-
Nous allons passer en revue ces différents cas.

Cristaux du système rhombique. — Les axes optiques
respondant à toutes les couleurs sont situés dans le
plan et possèdent exactement la même bissectrice.
est symétrique à droite et à gauche de cette ligne,
l'on examine une plaque qui lui soit normale, dans un
ceau convergent de lumière blanche polarisée, les
isochromatiques et les anneaux qui entourent les
optiques offrent une identité complète. Lorsque le pl
axes est à 45 degrés du plan de polarisation, les br
d'hyperbole qui traversent chaque anneau central
la même identité, et les couleurs dont elles sont en
bordées indiquent le sens de la dispersion des axes
bien et quelquefois mieux que la mesure directe de
écartement (*). Seulement les bordures des hyperboles

(*) Lorsque la dispersion est très-faible et qu'on emploie
l'étudier un microscope polarisant, il faut avant tout l'éclai-
la lumière blanche des nuées; mais même dans ce cas, il p
river que les indications fournies par les bordures des hyp
soient en désaccord avec celles qui résultent de la mesure dir
l'écartement des axes optiques. Ces anomalies, fort rares d
(voir mon second mémoire «Sur l'emploi des propriétés optiqu

sentant toujours des couleurs disposées à l'inverse de celles des sommets de l'anneau central qui leur sont respectivement opposés, on devra conclure que les axes *rouges* (correspondant aux rayons rouges) sont moins écartés que les ıxes *bleus* (correspondant aux rayons bleus), si la partie *extérieure* ou concave des hyperboles est bordée par du ·ouge tandis que leur partie *intérieure* ou convexe est borlée par du bleu, voy. *fig.* 1 Pl. V; ce sera le contraire si le)leu se trouve à l'*extérieur* et le rouge à l'*intérieur*. Généalement les couleurs des bordures sont d'autant plus vives u'il existe un plus grand écart entre les axes rouges et ɜs axes bleus. Le sens de la dispersion propre des axes indique par le signe $\rho < v$ ou $> v$.

Cristaux du système clinorhombique. — Les axes optiues correspondant aux différentes couleurs du spectre ont plus *nécessairement* la même bissectrice. La position ɜs bissectrices de leurs angles *aigus* donne lieu à trois pèces de dispersion auxquelles on peut appliquer les noms : dispersion *inclinée*, dispersion *horizontale* et dispersion *oisée* ou *tournante*. Chacune d'elles se manifeste de la maɜre suivante:

a. Si le plan des axes optiques coïncide avec le plan de nétrie du cristal, les bissectrices des axes pour toutes les ıleurs sont *dispersées* dans ce plan, et le plus ordinairent elles font entre elles de très-petits angles variant de elques minutes à un ou deux degrés. Cette dissymétrie nonce tantôt par une différence dans la forme plus ou ins ovale des anneaux de chaque système et dans l'é- de leurs couleurs qui sont d'ailleurs distribuées suit le même ordre, que le plan des axes soit parallèle au

---

ingentes, etc. », *Annales des mines*, tom. XIV, p. 343), semblent r surtout au défaut d'achromatisme des lentilles des microscopes isparaissent lorsqu'on opère, sur une lame suffisamment épaisse, : une glace noire réfléchissant la lumière des nuées pour polaır, et un prisme de Nicol pour analyseur.

plan de polarisation primitive ou orienté à 45 degrés de cette direction (voy. *fig.* 2), tantôt par une opposition dans l'arrangement des couleurs des deux systèmes d'anneaux et de celles qui bordent les deux hyperboles vues à 45 degrés du plan de polarisation, l'une offrant du rouge à l'*extérieur* et du bleu à l'*intérieur*, par exemple, pendant que l'autre offre du bleu à l'*extérieur* et du rouge à l'*intérieur* (voy. *fig.* 3), tantôt enfin par la réunion des deux phénomènes. La dispersion est dite alors *inclinée*. Les dispositions de couleurs, analogues à celles qui sont représentées *fig.* 2, s'observent dans le gypse (*) jusqu'à

(*) Dans un mémoire inséré au tome XXXV des *Annales de P...dorff*, année 1835, les phénomènes de dissymétrie découverts ... le gypse par Nörrenberg ont été décrits avec beaucoup ... par M. Neumann. Ce savant a fait voir aussi, qu'un change... température produisait non-seulement la dispersion des a... ques, comme l'avait observé Mitscherlich, mais encore ... leurs bissectrices, de sorte qu'en élevant doucement la te... ture, les axes optiques se rapprochent peu à peu pour ... vers 80 degrés, l'un d'eux se déplaçant presque deux fois ... que l'autre, et entraînant le mouvement de leur bissectr... de plus donné la mesure de ces déplacements.

Tout récemment j'ai constaté que l'augmentation de te... produisait des dispersions analogues, mais avec des circ... particulières pour chaque substance, dans : le *diopside* ... 20° et 200° centigr., l'un des axes s'écartant de 1° 34′ de la p... initiale de la bissectrice, pendant que l'autre s'en rapproc... ment de 0° 36′, la bissectrice se déplace de 1° 5′ en marc... le premier; dans l'*euclase* où, entre 25° et 180° C., l'un ... restant à peu près immobile, l'autre s'éloigne de celui ... 1° 56′ et entraîne la bissectrice de son côté ; dans le *sucre* ... où, entre 20° et 125° C., les deux axes s'écartent avec un ... ment de 1° 27′ pour l'un contre 4° 38′ pour l'autre, la biss... suivant le mouvement de l'axe doué de la plus grande vites... déplaçant de 1° 35′; dans le clinochlore vert de Pennsylv... dans le clinochlore violet de l'Oural (Kotschubéite de Koks... où, entre 15° et 150° C., l'hyperbole à couleurs vives se dépl... deux fois plus que l'hyperbole à couleurs pâles, l'écarteme... axes augmente de 3° 50′ et la bissectrice marche de 0° 35′ ... qui s'est le plus déplacé; enfin, dans les variétés d'orthose... orientés dans le plan de symétrie, où les deux axes s'éloign...

empérature d'environ 80 degrés; à celles que représente la *g.* 3 se rapportent les phénomènes du diopside et du foriate de cuivre (*). Il peut d'ailleurs arriver que les axes ptiques possèdent sensiblement le même écartement pour s différentes couleurs du spectre; dans ce cas, leur disersion n'est due qu'à la non-coïncidence des bissectrices. uelquefois aussi ils présentent dans l'intérieur de la subance biréfringente une autre disposition relative qu'à leur nergence dans l'air (**). Il résulte de là que les caractères opposition établis entre les couleurs des hyperboles et elles des sommets du premier anneau, dans le cas du sysme rhombique, ne sont plus *nécessairement* vrais pour le stème clinorhombique.

b. Lorsque le plan des axes optiques est perpendiculaire plan de symétrie du cristal, il se présente deux cas difrents : ou bien la bissectrice *aiguë* est perpendiculaire à diagonale horizontale de la base, ou bien elle lui est rallèle. Dans le premier cas, chaque couple d'axes corspondant à une couleur du spectre est située dans un in parallèle à la diagonale horizontale, mais en général plan ne fait pas rigoureusement le même angle avec la se pour toutes les couleurs; il suit de là qu'en opérant c de la lumière blanche sur une plaque normale à la sectrice *aiguë* des axes correspondant au *jaune*, par

---

l'autre avec des vitesses peu différentes, la bissectrice n'éprouve n faible déplacement de 0° 56' du côté de l'axe qui marche le s vite, pour une augmentation de l'écartement des axes égale ° 3' entre 15° et 150° C. (Dans le diopside, l'euclase, le sucre et those, mes mesures se rapportent aux axes rouges; dans le clilore elles se rapportent aux axes jaunes.)

) C'est à M. Müller que l'on doit la connaissance des phénomènes se manifestent dans le formiate de cuivre. (*Poggendorff's Ann*, tom. XXXV, pag. 472.)

*) Voir mon second mémoire *Sur l'emploi des propriétés opti- biréfringentes en minéralogie*, inséré dans le tom. XIV des *ales des mines*, pag. 383 et 387, aux articles du *diopside* et du *te de potasse et magnésie*.

exemple, les couleurs des anneaux sont disposées dissymé-triquement des deux côtés du plan qui renferme ces axes et la dispersion est dite *horizontale*. L'opposition des couleurs est très-sensible, si le plan des axes bleus s'écarte d'une quantité notable du plan des axes rouges, et elle atteint sa intensité maximum au-dessus et au-dessous ou à droite et à gauche de la barre qui traverse les deux systèmes d'anneaux, lorsque le plan des axes optiques est perpendiculaire ou parallèle au plan de polarisation du microscope. Cette barre, au lieu d'être une simple bande noire, offre alors du bleu sur un bord et du rouge sur l'autre (voy. *fig.* [illegible]). Le feldspath orthose, lorsque ses axes optiques s'ouvrent dans un plan parallèle à la diagonale de sa base, le sulfate de strychnine à douze équivalents d'eau, le sulfate de manganèse à quatre équivalents d'eau, etc., montrent nettement le phénomène (*).

Dans le second cas, où la bissectrice *aiguë* est parallèle à la diagonale horizontale, les axes correspondant aux différentes couleurs sont placés symétriquement autour du point où leur bissectrice commune vient percer la face normale à cette bissectrice; la disposition des anneaux rouges et des anneaux bleus est symétrique autour de ce même point, ce qu'on exprime en disant que la dispersion est *croisée* ou *tournante*. S'il existe un écart suffisant entre le plan des axes bleus et celui des axes rouges, ce genre de dispersion s'observe aussi bien lorsque le plan des axes optiques moyens est à 45° du plan de polarisation que lorsqu'il lui est parallèle ou perpendiculaire; mais c'est toujours dans les bordures des hyperboles ou dans celles de la barre qui traverse les anneaux qu'elle est le plus mar-

(*) C'est M. Neumann qui a le premier fait remarquer la dispersion propre aux cristaux d'orthose. (*Poggendorff's Annalen*, tom. XXXV, page 205.)

(voy. *fig.* 5). Le borax (*), la Heulandite, la Gay-Lussite, le sel de Glauber, etc., fournissent de très-beaux exemples de dispersion *croisée.*

Cristaux du système anorthique. Les cristaux de ce système offrent une dispersion particulière résultant de la combinaison de tous les genres de dispersion. Ainsi l'axinite et l'amblygonite vues dans l'huile, à cause du grand écartement de leurs axes optiques, montrent à la fois des phénomènes analogues à ceux qui caractérisent la dispersion *inclinée* et la dispersion *horizontale.*

Moyens d'observation. Les microscopes polarisants imaginés par Amici et Nörrenberg sont les instruments les mieux appropriés à l'observation des propriétés optiques biréfringentes des cristaux. Je n'ai pas besoin de donner ici la théorie ou la description de ces instruments, car l'appareil d'Amici a été décrit et figuré dans le *Traité de physique* de M. Pouillet, et M. Bertin a inséré récemment dans le tome LXIX des *Annales de chimie et de physique* une note détaillée sur l'une des combinaisons de lentilles adoptées par Nörrenberg. Je me contenterai donc d'indiquer les modifications qu'une longue pratique m'a fait introduire dans la disposition d'un instrument construit par M. H. Soleil, d'après une autre combinaison que Nörrenberg lui avait communiquée en 1855. Ces modifications ont eu surtout pour but de rendre possible l'observation des phénomènes optiques dans tous les cristaux à deux axes, quel que fût l'écartement de ces axes, et par conséquent de faciliter l'opération soit sur des lames placées entre deux prismes de verre d'un angle convenable et dont l'ensemble peut former un parallélipipède de près de deux centimètres d'épaisseur, soit sur des lamelles excessivement petites, plongées dans un milieu plus réfringent que l'air. Les conditions néces-

(*) La dissymétrie que présentent les anneaux colorés du borax a été découverte à la fois par Herschel et par Nörrenberg.

sitées par ces manipulations ne sont bien remplies ni par le microscope d'Amici, dont le foyer est très-court, ni par celui de Nörrenberg, décrit par M. Bertin. Voici en quoi consiste l'instrument à l'aide duquel j'ai obtenu les nombreux résultats que j'ai déjà publiés.

S'il s'agit d'un cristal à un axe ou d'un cristal à deux axes optiques, dont l'écartement dans l'air ne dépasse pas 130°, l'appareil est placé verticalement comme un microscope ordinaire (voy. *fig* 1 Pl. VI). P est une pile de neuf ou dix glaces minces montées sur un fond noir et polarisant par réflexion la lumière que leur renvoie le miroir M; E est un éclaireur ou épanouisseur composé de trois lentilles biconvexes de 40 millimètres de foyer sur 33 millimètres de diamètre assemblées presque au contact; D est une plaque tournante circulaire portant au centre une glace mince de 24 à 25 millimètres de diamètre, et sur ses bords des divisions de 2 en 2 degrés qui servent à orienter le plan des axes optiques ou leurs bissectrices, par rapport au plan de polarisation; cette plaque, sur laquelle repose le cristal à observer, s'ajuste dans le support K au-dessus de l'éclaireur; O est un objectif composé de quatre lentilles dont les trois inférieures sont plan-convexes avec des dimensions respectives de $24^{mm}.7$ de foyer sur $15^{mm}.8$ de diamètre, 33 millimètres de foyer sur 20 millimètres de diamètre, $67^{mm}.7$ de foyer sur 27 millimètres de diamètre, et dont la quatrième, biconvexe, a le même foyer et le même diamètre que les trois lentilles de l'éclaireur; en I se trouve un micromètre gravé sur verre et offrant des divisions espacées de 1 millimètre, avec une petite croix au centre (*), ou un simple réticule composé de deux

(*) Un micromètre convenablement centré est préférable aux fils croisés, car les divisions qu'il porte servent à vérifier immédiatement si une plaque ayant deux axes optiques dont l'écartement apparent dans l'air ne dépasse pas 120 à 122 degrés est bien normale à leur bissectrice; il suffit en effet pour cela que le sommet de l

fils rectangulaires dont le point de croisement coïncide avec l'axe du microscope; I est une lentille biconvexe de 67 millimètres de foyer sur 33 millimètres de diamètre, faisant fonction d'oculaire; N est un prisme de Nicol servant d'analyseur (*). Pour mettre l'oculaire au point de chaque observateur, le tube qui contient cet oculaire et l'analyseur glisse à frottement doux dans le tube extérieur où sont fixés l'objectif et le micromètre; le tout peut être éloigné ou rapproché de la plaque tournante D, à l'aide de la tige à crémaillère T et du bouton B. On aura une idée de la longueur du foyer de l'instrument lorsqu'on saura qu'une lame de quartz de 1/2 millimètre d'épaisseur, fortement oblique à l'axe et montée entre deux prismes de verre de 66 degrés, formant ensemble un parallélipipède de 2 centimètres de hauteur, laisse voir quatre anneaux traversés par une croix d'un noir bleuâtre. Quant à son champ de vision, il est suffisant pour qu'une topaze blanche du Brésil, ayant ses axes optiques écartés d'environ 121 degrés, montre complètement l'anneau central et la barre transversale de chaque système (**).

---

courbe qui traverse chaque système d'anneaux, quand le plan des axes est à 45 degrés du plan de polarisation, occupe la même division à droite et à gauche du centre. Ces divisions peuvent également mettre en évidence, par la position successive des anneaux et des hyperboles, la différence de marche que présentent les axes optiques situés dans le plan de symétrie des cristaux du système clinorhombique, lorsque leurs bissectrices éprouvent une dispersion notable sous l'influence de la chaleur; ainsi elles montrent qu'en chauffant légèrement une plaque de gypse, l'hyperbole de l'un des systèmes d'anneaux se rapproche beaucoup plus vite du centre que l'hyperbole de l'autre système, de sorte que si une pareille plaque a été travaillée pour être normale à la bissectrice aiguë des axes jaunes, par exemple, elle ne l'est plus rigoureusement dès que la température diffère de celle où elle a été taillée.

(*) D'après cette disposition, le plan primitif de polarisation du microscope est toujours celui qui contient à la fois l'axe de l'instrument et le rayon réfléchi par le miroir éclaireur M.

(**) Quoique la pile de glace employée comme polariseur fournisse

En substituant à la plaque tournante le petit gonio-
mètre G, dont la tige centrale porte comme support de la
lame biréfringente, soit un disque de verre mobile dans un
anneau de cuivre V, soit une pince à ressort R, il est facile,
en orientant cette tige à 45° du plan de polarisation, de me-
surer l'écartement apparent des axes dans l'air, même sur
des lamelles travaillées ou sur des fragments de clivage
ayant à peine un millimètre de côté, pourvu que cet
écartement ne soit pas supérieur à 135° ou 140°.

Lorsque l'angle apparent des axes optiques dépasse [illegible]
la mesure de cet angle ou seulement l'observation des [illegible]
systèmes d'anneaux nécessaire pour apprécier leur dis-
sion, ne peut plus avoir lieu dans l'air, et l'on est [illegible]
obligé d'avoir recours à un milieu plus réfringent, tel [illegible]
du sulfure de carbone, une huile fixe ou toute autre su-
stance analogue dont l'indice de réfraction est déter[illegible]
d'avance. Le procédé le plus commode consiste, dans [illegible]
cas, à disposer le microscope horizontalement (voy. fig. [illegible]
Pl. VI) et à lui fournir de la lumière polarisée par [illegible]
prisme de Nicol N′ (*). Entre l'éclaireur et l'objectif, se [illegible]

---

de la lumière moins parfaitement polarisée qu'un prisme de [illegible]
je l'ai adoptée de préférence pour le microscope vertical, [illegible]
que l'expérience montre qu'une partie des rayons perdus qu'[illegible]
réfléchit sert à augmenter le champ du microscope, si l'ouvert[illegible]
de la plaque tournante D est suffisante. On peut encore obte[illegible]
une très-bonne polarisation à l'aide d'une large tourmaline [illegible]
d'une Hérapatite placée entre l'éclaireur E et la plaque to[illegible]
nante D; malheureusement il est très-difficile de rencontrer [illegible]
substances en lames assez larges pour polariser tous les rayons [illegible]
pénètrent dans le champ maximum de l'instrument, et de [illegible]
elles sont peu propres à étudier les couleurs qui caractérisent [illegible]
divers modes de dispersion des axes optiques, à cause de leur abs[illegible]
tion souvent considérable et inégale pour les différentes coul[illegible]

(*) Un champ de vision très-étendu n'étant plus ici de prem[illegible]
nécessité, puisqu'en général on ne pourra voir chaque syst[illegible]
d'anneaux que successivement, il est clair qu'il y a tout avan[illegible]
à substituer à la pile de glaces un appareil à polarisation [illegible]
faite. Le Nicol peut au besoin être remplacé par un polari[illegible]

une petite cuve en verre C d'environ 12 millimètres d'épaisseur, fermée par des glaces parallèles et contenant le liquide réfringent (ordinairement de l'huile d'olive décolorée par l'exposition au soleil). La plaque biréfringente seule ou fixée sur une petite lame de verre mince, à l'aide de térébenthine épaissie, de baume de Canada, d'arkanson (*) ou de gomme, suivant qu'elle peut ou qu'elle ne peut pas être chauffée, est soutenue dans l'huile par une pince en platine ou en acier ; cette pince est soudée à l'extrémité d'une tige verticale F, mobile à frottement doux dans un axe creux qui porte une alidade A munie d'un vernier et passe au centre d'un cercle horizontal gradué H, sur lequel on peut lire la minute (voy. *fig.* 4). Le mouvement de l'alidade entraîne celui de la plaque, et si l'on fait successivement coïncider le centre de chaque système d'anneaux avec le centre du micromètre intérieur, la mesure angulaire de ce double mouvement donne celle de l'écartement des axes optiques dans l'huile (**). Il suit de là que le plan dans

---

Foucault précédé d'une lentille à long foyer et monté dans un tube qui permet de le placer derrière l'éclaireur E à une distance convenable pour obtenir un champ bien uniforme.

(*) L'arkanson est un mélange en parties variables de cire jaune et de colophane fondues ensemble (ordinairement 1 de cire pour [illegible] de colophane). Il est d'autant plus fusible qu'il contient plus de cire, mais son adhérence sur les surfaces polies est toujours considérable et il est très-utile pour fixer sur des lames de verre les petits cristaux que l'on veut user et polir.

(**) Il est évident qu'il est bon d'adopter la disposition du microscope horizontal, même pour opérer dans l'air, toutes les fois qu'il s'agit d'une mesure d'écartement et non d'une simple observation des courbes isochromatiques qui exige en général un champ très-étendu. Dans ce cas, on enlève la cuve à huile et on rapproche l'un de l'autre l'éclaireur et l'objectif, autant que le comporte la largeur de la plaque biréfringente. La même disposition permet d'obtenir avec exactitude l'angle que chacun des axes optiques fait avec une normale à la plaque, car il suffit pour cela de l'orienter bien perpendiculairement à l'axe du microscope. Or on arrive facilement à cette orientation en observant, presque sous l'incidence rasante, l'image d'une lumière éloignée réfléchie simultanément

lequel se trouvent les axes optiques doit toujours être horizontal ; mais comme les sections principales du polariseur et de l'analyseur, tout en restant à angle droit l'une de l'autre, peuvent être tournées dans tous les azimuts possibles, les courbes isochromatiques s'observent à volonté dans le plan de polarisation ou à 45° de ce plan.

Si l'on désigne par E le demi-angle apparent des axes optiques dans l'air, par H_a et H_o l'angle que chacun d'eux fait avec les bissectrices aiguë et obtuse dans l'huile, par V_a et V_o leur demi-angle *réel* ou *intérieur* aigu et obtus, par *n* l'indice de l'huile et par β l'indice moyen de la substance cristallisée, on obtient les valeurs de E et de V en fonction de *n*, de H et de β au moyen des relations bien connues

$$\sin E = n \sin H_a \text{ (*)} ; \sin V_a = \frac{n}{\beta} \sin H_a ; \sin V_o = \frac{n}{\beta} \sin H_o.$$

A l'aide de deux lames prises aussi près que possible dans un même cristal, l'une normale à la bissectrice aiguë, l'autre normale à la bissectrice *obtuse*, on peut aussi dé-

---

par l'une des faces de la plaque ou de son support (la plaque ... ou montée sur une lame de verre, devant toujours offrir deux faces sensiblement parallèles) et par la surface de la première lentille plan-convexe de l'objectif. On note alors la position que le vernier occupe sur le cercle divisé et l'on mesure, à droite et à gauche de cette position, le déplacement nécessaire pour amener successivement le sommet de chaque hyperbole centrale sur le centre du micromètre. Si les deux déplacements sont égaux, on est sûr que la plaque remplit la condition essentielle pour rendre les observations exactes, d'être rigoureusement normale à la bissectrice des axes optiques.

(*) En déterminant directement l'angle apparent que font entre eux, dans l'air et dans un liquide quelconque, les axes optiques d'une lame cristalline parfaitement homogène, on en déduit, au moyen de cette formule, l'indice du liquide d'une manière simple et suffisamment exacte, comme l'a déjà fait remarquer M. Neumann dans son mémoire sur les propriétés optiques du gypse, publié en 1835 dans les annales de Poggendorff.

miner très-approximativement les valeurs de V et de β (*): car puisque

$$\sin V_o = \cos V_a,$$

on a :

$$\text{tang } V_a = \frac{\sin H_a}{\sin H_o} \quad \text{et} \quad \beta = n \frac{\sin H_a}{\sin V_a} = n \frac{\sin H_o}{\cos V_a}.$$

Il y a souvent intérêt à rechercher l'action que la chaleur peut exercer sur l'écartement des axes optiques, sur l'orientation de leur plan et sur celle de leurs bissectrices. Plusieurs moyens se présentent suivant la température que l'on veut atteindre.

S'il s'agit seulement de constater l'existence d'une variaion, et si l'on ne veut pas dépasser 100° à 120°, il suffit le placer la plaque biréfringente sur une lame de verre nince qu'on pose sur les bords d'une ouverture pratiquée u centre d'une longue bande de cuivre rouge; cette bande st substituée à la plaque tournante du microscope vertical t peut être chauffée à ses deux bouts avec des lampes alcool.

Si l'on veut atteindre 300° à 350° en mesurant au fur et mesure les changements qui surviennent avec l'élévation e la température dans l'écartement des axes optiques, , lorsqu'ils sont orientés dans le plan de symétrie, ceux i'éprouve la dispersion de leurs bissectrices, on peut avoir cours à une étuve L, ayant 21 cent. de longueur sur ,9^m de hauteur et 1^c,6^m d'épaisseur, disposée verticalement r le support du microscope horizontal (voy. *fig.* 3 et , 4, Pl. VI). Une ouverture, pratiquée à la paroi supérieure se fermant au moyen de deux battants B B qui ne laisnt entre eux que le passage de la partie inférieure de la

---

*) Voyez mon « Mémoire sur un nouveau procédé propre à mecer l'indice moyen et l'écartement des axes optiques dans cernes substances où cet écartement est très-grand, » inséré dans *Comptes rendus* des séances de l'Académie des sciences du avril 1864.

tige verticale F, permet d'introduire et de placer la lam[illegible]
biréfringente entre les deux disques de verre S sertis e[illegible]
face l'un de l'autre dans les parois latérales; deux ther-
momètres *t* et *t'*, fixés l'un à droite l'autre à gauche de l
lame, indiquent la température de l'air chaud dans lequel
cette lame est plongée. L'étuve est chauffée à ses de[illegible]
extrémités à l'aide de deux fortes lampes à alcool (*).

Enfin, pour quelques recherches spéciales, la pla[illegible]
choisie alors de très-petite dimension et soutenue [illegible]
libre par la pince de platine, peut être portée au rou[illegible]

(*) Il est clair que pour de grandes plaques qui ne néce[illegible]
pas l'emploi du microscope polarisant, il suffit pour [illegible]
l'angle que les axes optiques font entre eux et avec une n[illegible]
à la plaque, ainsi que la dispersion des bissectrices (dans le[illegible]
où cette dispersion est possible), d'un appareil quelconque [illegible]
posé essentiellement d'une lunette munie d'un polariseur e[illegible]
fil croisé intérieur, d'un goniomètre à limbe vertical ou hori[illegible]
et d'un polariseur convenablement éclairé; c'est de cette ma[illegible]
que M. Neumann a opéré sur le gypse, et que j'ai souvent [illegible]
moi-même.

Le docteur Victor von Lang a de son côté (Académie im[illegible]
des sciences de Vienne, séance du 4 mars 1862) fait constr[illegible]
instrument spécial pour la mesure de l'écartement des [illegible]
ques dans l'air ou dans un liquide dont on peut élever [illegible]
la température. La disposition générale de cet instrume[illegible]
même que celle de mon microscope horizontal; seulement [illegible]
comme l'appareil de M. Neumann, des plaques d'une cer[illegible]
étendue et d'une épaisseur suffisante pour ne pas fournir des [illegible]
neaux colorés par trop larges. L'analyseur est, en effet, une [illegible]
lunette astronomique munie intérieurement d'un prisme de [illegible]
et d'un fil croisé, et le polariseur est un autre Nicol. La c[illegible]
liquide, fermée par des lames de glace parallèle, a une se[illegible]
carrée de 4 à 5 centimètres de côté; elle repose sur une [illegible]
d'étuve destinée à recevoir une lampe à alcool. On se con[illegible]
en général de mesurer d'avance, à la température ambiante
pour les divers rayons du spectre, l'indice de réfraction du li[illegible]
auxiliaire; mais cet indice subissant des variations no[illegible]
lorsque la température est portée à 200 ou 300 degrés, on d[illegible]
déterminer sa valeur pour les températures auxquelles on o[illegible]
si l'on veut déduire exactement l'écartement apparent dans [illegible]
ou l'écartement réel des axes de leur écartement dans le liqu[illegible]

aide du dard d'un chalumeau à gaz dirigé avec précaution ntre l'éclaireur et l'objectif du microscope (*).

On ne saurait se flatter, au moyen des renseignements énéraux donnés dans ce mémoire, d'arriver toujours du remier coup à résoudre les divers problèmes qui y sont énuıérés, et la pratique seule fournit les moyens de reconnaître ; d'apprécier des phénomènes souvent assez délicats. Il ne ıe paraît donc pas bien utile d'entrer dans de grands déils sur les procédés d'expérience, et je crois préférable de ıoisir un certain nombre d'exemples qui fasse connaître s méthodes les plus simples et les plus convenables, en ême temps que les principales difficultés susceptibles de présenter dans leur application.

1° *Cristaux du système cubique et substances monoréfrinntes.*

Lorsque les cristaux monoréfringents sont bien transpants et parfaitement homogènes (diamant, pollux, quelıes cristaux de fluorine, de sel gemme, de blende, etc.), n'exercent aucune action sur la lumière polarisée parale ou convergente, et leur détermination ne laisse pas ncertitude (**). Mais s'ils se composent d'une superposi-

*) Voir mes « Observations sur les modifications permanentes et ıporaires que l'action de la chaleur apporte à quelques proprié- optiques de plusieurs corps cristallisés; *Annales des mines* ı. II, année 1862. »

**) Pour les substances pseudomorphiques et pour celles qui prétent la structure dite micro-cristalline, il est bon d'employer microscope ordinaire avec un grossissement de 100 à diamètres, muni d'un Nicol inférieur qui polarise la lumière allèle transmise à l'objectif par le miroir éclairant, et d'un Nicol lyseur placé au-dessus de l'oculaire. On découvre ainsi des ons très-faibles qui échapperaient aux microscopes polarisants prement dits dont le grossissement est toujours très-faible. ›pareil représenté fig. 1, Pl. VI peut du reste se transformer en un roscope à rayons parallèles grossissant environ cinq fois, par ı simple modification des distances focales des lentilles qui le ıposent. Il suffit pour cela, d'enlever les trois lentilles infé-

tion de couches de densités différentes (certaines hyalites, certains cristaux d'analcime, d'alun, etc.), ils peuvent produire des effets que Biot a désignés sous le nom de polarisation *lamellaire*. Ces effets, plus ou moins comparables à ceux qu'on remarque dans le verre trempé, se distinguent facilement des phénomènes dus à la double réfraction, par l'irrégularité des couleurs qui se produisent lorsqu'on emploie des rayons parallèles de lumière polarisée, et surtout par l'absence d'anneaux réguliers, lorsqu'on opère avec de la lumière convergente.

Quelques substances organiques formées d'enveloppes minces concentriques, comme les grains de fécule par exemple, sont susceptibles d'offrir une croix noire qui rappelle celle des cristaux biréfringents à un axe. Mais, d'une part, cette croix n'est visible que dans la lumière parallèle et disparaît dans la lumière convergente, contrairement à ce qui arrive dans les cristaux; d'autre part, elle change de position avec l'objet qui la manifeste, au lieu de rester fixe comme celle d'une plaque biréfringente normale à l'axe que l'on promène dans son plan. Un phénomène analogue, qui paraît dû à une structure testacée et fibreuse indépendante de la forme cristalline, s'observe aussi dans des corps minéraux tels que les perles fines bien sphériques, quelques concrétions calcaires, la saspachite (variété de ... en petites sphères à cassure fibreuse), et dans certains sels artificiels désignés par M. Brewster sous le nom de sels *...culaires*.

Deux espèces minérales cubiques, la boracite et la sénarmontite (oxyde d'antimoine octaédrique), paraissent pourtant jouir de la double réfraction, et soumises au microscope polarisant dans un faisceau de rayons convergents

---

rieures plan-convexes de l'objectif et de les fixer à l'une des extrémités d'un tube de 6 centimètres de longueur dont l'autre extrémité se visse sur la monture de la quatrième lentille biconvexe restée fixe.

elles offrent de beaux anneaux colorés traversés par la barre caractéristique des cristaux à deux axes. Mais en explorant des plaques coupées parallèlement aux faces de cube ou de l'octaèdre, il est facile de voir que les anneaux ne se manifestent pas indifféremment dans toute leur étendue, et que les plages biréfringentes sont disséminées dans un milieu monoréfringent. Or, pour la boracite, on sait que ses cristaux présentent souvent des parties transparentes et des parties semi-transparentes ou presque opaques. M. Volger (*) a attribué ces différences d'aspect à l'in-erposition d'une substance biréfringente qu'il a nommée *parasite* et qui, ayant une composition chimique très-voiine de celle de la boracite, perdrait sa transparence en 'hydratant. L'examen optique d'un grand nombre de cris-aux de boracite m'a paru confirmer l'hypothèse de M. Vol-er; seulement la lumière polarisée m'a fait reconnaître 'existence des lames de parasite dans les cristaux les plus ransparents. Ces lames, excessivement minces, n'offrent as dans leur orientation une aussi grande régularité que a admis M. Volger; cependant le plus grand nombre est en énéral dirigé perpendiculairement aux faces du cube. Après uelques tâtonnements, on peut obtenir de petites plaques ensiblement normales à la bissectrice aiguë *positive* des axes ptiques de la parasite. Ces axes, dont la dispersion est à eu près nulle, et dont l'écartement dans l'huile est de 8° 14' pour les rayons rouges, feraient entre eux un angle e 83° 34' s'ils étaient vus à travers la boracite seule (l'indice e l'huile employée est 1.466 et celui de la boracite 1.663 our les mêmes rayons). Les anneaux des deux systèmes nt presque circulaires et ne présentent qu'une légère dif-rence dans leur diamètre; on ne saurait donc dire d'une anière parfaitement assurée si la forme cristalline de la

---

(*) *Versuch einer Monographie des Borazites*, par Otto Volger, nnover, 1855.

parasite appartient au prisme rhomboïdal droit ou au prism rhomboïdal oblique.

Dans la Senarmontite, dont l'indice considérable est ég à 2.073 pour les rayons rouges et à 2.087 pour les rayon jaunes, les anneaux sont plus dilatés et moins nets q dans la boracite. A travers des plaques taillées parallèle-ment aux faces du cube, un seul système d'anneaux e visible et l'axe correspondant paraît, comme dans la bora-cite, à peu près perpendiculaire à ces faces; à travers les faces de l'octaèdre, au contraire, on aperçoit des espèces de lemniscates plus ou moins régulières. Cependant comme la matière est très-tendre et facilement clivable suivant les faces octaédriques, je ne suis pas encore parvenu à obt une plaque suffisamment normale à la bissectrice pour observer les deux systèmes d'anneaux, soit dans l'air, s dans l'huile. Toutefois on peut dire que les axes correspon-dants sont beaucoup trop écartés pour qu'il soit permis les regarder comme appartenant à des lames intérieures d'exitèle (oxyde d'antimoine rhombique); car j'ai exa des cristaux de cette substance provenant de Bräuns de Przibram et d'Algérie, et tous possèdent deux axes ex-cessivement voisins. Comme les cristaux de Senarmontite sont presque toujours légèrement arsenifères, peut-être l lamelles biréfringentes qui paraissent les pénétrer ap tiennent-elles à l'acide arsénieux rhombique dont les p priétés optiques n'ont pas été étudiées jusqu'ici.

Quant aux cristaux qui, comme le chlorate de s présentent la polarisation rotatoire, ils offrent au m scope polarisant, avec la lumière convergente et e mieux avec la lumière parallèle, un champ d'une co uniforme et en rapport avec leur épaisseur. En to l'analyseur de droite à gauche ou de gauche à droi obtient une succession de teintes analogues à celle lames de quartz d'une épaisseur convenable coupées pendiculairement à l'axe, et il est impossible de la

fondre avec les couleurs irrégulières dues à des accidents de structure ou de trempe qui disparaissent par la rotation de l'analyseur.

2° *Cristaux biréfringents à un axe des systèmes quadratique et rhomboédrique.*

Au microscope polarisant, tout cristal uniaxe dépourvu de polarisation rotatoire, qui est terminé par deux faces naturelles ou artificielles normales à l'axe principal cristallographique, paraît sans action sur la lumière polarisée parallèle et montre, dans la lumière convergente, des anneaux circulaires traversés par une croix noire. Lorsque la plaque cristalline est bien homogène, en lui faisant décrire une circonférence entière dans son propre plan, le champ du microscope éclairé par la lumière parallèle reste d'un noir uniforme, les anneaux produits par le passage de la lumière convergente conservent leur forme de cercles parfaits, et le point de croisement des branches de la croix n'éprouve aucun changement (*). Mais s'il existe le moindre défaut d'homogénéité provenant, soit d'une différence de densité dans les couches successives du cristal (béryl, tourmaline, apophyllite, etc.), soit d'un assemblage à axes imparfaitement parallèles des nombreux individus dont tout cristal se compose (certains cristaux de quartz, zircon, mellite, idocrase, etc.), soit de l'interposition de lames minces hémitropes (un grand nombre de cristaux de spath calcaire), les apparences peuvent varier à l'infini, et la dislocation des anneaux et de la croix centrale semble souvent annoncer l'existence de deux axes optiques ordinairement peu écartés. Lorsque la déformation des anneaux est très-irrégulière et qu'elle change d'aspect à chaque mouvement qu'on imprime à la plaque dans son plan (la plupart des cristaux de béryl), les doutes sont facilement levés, surtout si l'on rencontre

(*) Il va sans dire que cette condition n'est bien remplie que par des plaques parfaitement normales à l'axe optique.

quelque plage à anneaux circulaires et à croix nette. Lors-
que la déformation est faible (tourmaline, zircon, mellite,
spath d'Islande à lames hémitropes, etc.), il arrive souvent
que dans une même plage, des anneaux, d'abord circulai-
res, deviennent ovales pour une certaine rotation de la
plaque, en même temps que la croix se sépare en deux
branches d'hyperbole à sommets plus ou moins écartés.
suffit alors de fixer son attention sur l'anneau central, q
est ordinairement le plus net, pour voir qu'il n'offre plus
courbe continue comme cela aurait lieu si le cristal était
lement à deux axes, mais qu'il se compose en géné
deux arcs qui ne sont pas exactement opposés l'un à l
On peut aussi chercher si une élévation de tempér
et l'emploi de verres ou de lumières monochromati
modifient sensiblement les apparences observées avec
lumière blanche; car tandis que ce genre de modific
est incompatible avec la constitution physique des cris
uniaxes, qui sont sans dispersion, ce n'est que par ex
tion qu'il ne se manifeste pas dans les cristaux biaxes

(*) D'après des observations que je poursuis en ce mom
hyperboles plus ou moins écartées, mais sans aucune disp
que présentent certaines plages dans le béryl, le zircon, la tour
line, l'idocrase, la pennine, l'apophyllite, la Kämmerérite, la
tenbergite, le corindon, l'anatase et la Schéelite, paraissent
server absolument le même écartement dans la lumière
jaune ou bleue et pour des températures variant de 15° à 180° C
plupart des substances biaxes éprouvent au contraire, dans
mêmes circonstances, des modifications plus ou moins mar
comme on le savait depuis longtemps pour la Glaubérite, le
la topaze, et comme je l'ai déjà constaté pour la barytine, la
tine, le plomb carbonaté, la cymophane, le Cordiérite, la més
la Brewstérite, la Heulandite, l'épistilbite, la calamine, la Preh
la Brookite, la Struvite, la scorodite, le diopside, l'euclase, l
nochlore, l'orthose, le borax, le sucre de canne, le formiate
strontiane, le formiate de chaux, etc., etc. Quelques-unes,
vrai, comme l'aragonite, la plupart des micas et la scolésite
présentent dans l'écartement de leurs axes vus dans une lum
homogène entre 12° et 150° ou 175° C. qu'un changement de

Enfin, dans le cas de lames suffisamment grandes et transparentes, on peut avoir recours au dichroscope de M. Dove (*Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, année 1860 et *Annales de Poggendorff*, t. CX, p. 265), qui consiste essentiellement en une pile de glaces montée dans un châssis rectangulaire dont la base inférieure est fermée par un verre rouge et la face latérale supérieure par un verre bleu, de telle façon que les rayons transmis par le verre rouge se polarisent par réfraction en traversant la pile de glaces, tandis que ceux transmis par le verre bleu se polarisent par réflexion à sa surface. Le dichroscope, étant substitué au polariseur ordinaire des appareils de polarisation, permet, suivant M. Dove, d'apprécier la différence que présentent les vrais cristaux à deux axes et ceux des cristaux dont l'apparence biaxe ne provient que d'une constitution irrégulière (*Monatsberichte*, etc., avril 1864).

Des cristaux, possédant réellement deux axes optiques, peuvent parfois montrer, même à la température ordinaire, les phénomènes analogues à ceux des cristaux uniaxes (feldspath orthose, Heulandite, clinochlore, Glaubérite, cymophane, Brookite, exitèle, etc., etc.); mais si la dispersion des axes est notable, ces phénomènes ne se manifestent en général que pour une seule des couleurs du spectre à la fois, et à une température déterminée; ils reprennent donc leur véritable caractère lorsqu'on fait varier, ensemble ou séparément, la couleur de la lumière employée et la température à laquelle on opère.

Parmi les corps dont les caractères optiques offrent le plus d'incertitude, on doit placer au premier rang le prus-

---

1°; d'autres ne paraissent nullement influencées par la chaleur, probablement parce que leurs trois indices principaux sont modifiés proportionnellement à leur grandeur; mais ces dernières doivent être fort rares, car jusqu'ici je ne trouve à ranger parmi elles que la Karsténite et la Thomsonite.

siate jaune de potasse qui passe pour appartenir au système quadratique. Dans toutes les lames clivées parallèlement à la base, les anneaux, quelquefois circulaires en un petit nombre de plages, présentent des déformations habituelles et souvent si régulières, qu'on serait tenté de croire que ces déformations tiennent à des mélanges optiques analogues à ceux que de Senarmont a produits en faisant cristalliser ensemble du sel de Seignette potassique et du sel de Seignette ammoniacal; les cristaux dériveraient alors d'un prisme rhomboïdal droit voisin de 90°, dont l'un des plans diagonaux contiendrait les deux axes optiques.

Si la substance biréfringente possède le pouvoir rotatoire et qu'on en examine une plaque bien homogène, dans un faisceau convergent de lumière polarisée, les anneaux circulaires dus à la double réfraction ne diffèrent en rien de ceux que produit, dans tout cristal uniaxe, l'interférence des rayons polarisés qui traversent obliquement le cristal dans une direction voisine de l'axe; mais la partie centrale de la croix noire, dont l'intensité est simplement atténuée dans des plaques minces, disparaît complétement dans des plaques suffisamment épaisses (*). Elle est alors remplacée par une tache ronde d'une couleur uniforme et en rapport avec l'épaisseur de la plaque lorsqu'on opère avec la lumière blanche. En faisant tourner l'analyseur de gauche à droite ou de droite à gauche, la tache centrale offre la même succession de couleurs que si l'on employait la lumière parallèle, et les anneaux, en se brisant, paraissent se *dilater* quand le mouvement de l'analyseur est de même sens que la rotation du cristal, tandis qu'ils se *contractent* quand le mouvement est de sens contraire à cette rotation (**).

(*) L'évanouissement complet du centre de la croix exige une épaisseur d'environ 0mm,19 dans le cinabre, 3mm,5 dans le quartz, 6 à 7 millimètres dans le sulfate de strychnine octaédrique.

(**) Dans les cristaux ordinaires, qui ne dévient pas le plan de polarisation primitive, la rotation de l'analyseur fait simple-

S'agit-il maintenant de déterminer le signe de la double réfraction dans les cristaux à *un* axe et même dans les cristaux à *deux* axes très-rapprochés? Le procédé le plus simple consiste à interposer une lame de mica biaxe très-mince (l'épaisseur maximum ne doit pas dépasser celle dite *quart d'onde*) entre la plaque biréfringente et l'objectif du microscope polarisant, en plaçant le plan des axes optiques du mica à 45 degrés du plan de polarisation. La croix noire se divise alors généralement en deux branches d'hyper-bole ou en deux croissants plus ou moins écartés (*). Dans es cristaux *positifs*, la tangente au sommet de chaque croissant est *parallèle* au plan des axes du mica; dans les cristaux *négatifs*, cette tangente est *perpendiculaire* au même plan.

3° Cristaux biréfringents à deux axes optiques.

A. Cristaux du système rhombique. On sait que dans les ristaux du système rhombique, les axes optiques sont com-ris soit dans un plan parallèle à la base, soit dans un es plans diagonaux de l'un quelconque des prismes rhom-oïdaux droits qui peuvent être choisis pour forme primi-ve. Par conséquent, les deux bissectrices situées dans ce ême plan sont parallèles, ou aux deux diagonales des ases, ou à l'une de ces diagonales et à l'arête verticale du risme primitif. On aura donc en général à étudier, au mi-

---

rdre aux anneaux leurs couleurs, et les transforme en quatre ints noirs opposés en croix, sans amener de changement dans ır diamètre apparent.

(*) Si la double réfraction du cristal était faible, et la lame de ca trop épaisse, il ne resterait de la croix, que deux taches assez gues impossibles à orienter; il faudrait alors avoir recours à une ne de mica suffisamment mince pour rétablir des portions d'hy-rbole dont on pût apprécier la direction. Les microscopes les ıs parfaits, comme ceux dont les lentilles ont été travaillées par ıici lui-même, permettent l'application de ce procédé aux sub-ıces les moins réfringentes et les plus absorbantes à la tête des-ılles on peut placer la pennine et la Kämmererite.

croscope polarisant, trois lames terminées chacune par deux faces naturelles ou artificielles parallèles à la base et aux deux plans diagonaux de ce prisme, et on devra les choisir d'une épaisseur telle que les courbes isochromatiques, qui se manifestent autour des deux bissectrices et de l'axe d'élasticité moyenne perpendiculaires à leur plan soient les plus nettes possible. Si les axes optiques ont dans l'air un écartement apparent qui ne dépasse pas 120 ou 125 degrés, les deux systèmes d'anneaux ovales, disposés symétriquement à droite et à gauche de chaque bissectrice, sont simultanément visibles dans l'une des trois lames; on en conclut que cette lame est normale à la bissectrice *aiguë*. Mais lorsque par suite du très-grand écartement apparent des axes optiques, les anneaux sont rejetés hors du champ du microscope, il faut mesurer l'angle apparent dans l'huile, à l'aide des deux lames normales aux deux bissectrices, et il est clair que le plus petit angle correspond à l'angle réel aigu (*). Une seule de ces mesures est évidemment suffisante, lorsqu'on connaît l'indice moyen de la substance, puisque la relation $\sin V = \frac{n}{\beta} \sin H$ s'applique aussi bien à l'angle réel aigu qu'à l'angle obtus. Cependant la valeur du demi-angle réel V que fournit cette relation ne peut quelquefois être déterminée qu'à l'aide de la plaque normale à la bissectrice aiguë; car dans certaines substances (plomb sulfaté par exemple), l'écartement apparent des axes optiques autour de la bissectrice obtuse est si grand que les anneaux correspondants restent invisibles même dans l'huile.

B. *Cristaux du système clinorhombique.*

Dans les cristaux du système clinorhombique, la p

(*) C'est par cette méthode qu'a été constatée la position de la bissectrice aiguë dans le péridot, l'andalousite, la staurotide, la Thénardite, etc.

mière chose à faire est de soumettre au microscope polarisant une plaque parallèle au plan de symétrie. En effet, ou bien ce plan renferme les axes optiques et leurs bissectrices, ou bien il est normal au plan des axes optiques et à l'une de leurs bissectrices. Dans le premier cas, les deux directions rectangulaires suivant lesquelles a lieu l'extinction maximum d'un faisceau parallèle de rayons polarisés, indiquent l'orientation des bissectrices aiguë et obtuse; deux plaques taillées perpendiculairement à ces deux directions, et examinées dans l'air ou dans l'huile, permettront donc de reconnaître la position et le signe de la bissectrice *aiguë*; à la rigueur, une seule plaque suffira si l'on a pu déterminer l'indice moyen de la substance, comme je l'ai déjà dit pag. 586. Dans le second cas, ou bien la plaque parallèle au plan de symétrie montre dans le champ du microscope les deux systèmes d'anneaux à la fois, et alors on est certain qu'elle est normale à la bissectrice *aiguë*, ou bien elle ne montre que la naissance des anneaux, et pour s'assurer à quelle bissectrice elle est normale, on devra recourir à la mesure de l'écartement des axes dans l'huile.

Pour déterminer rigoureusement la position des bissectrices par rapport aux axes cristallographiques et la dispersion dont elles sont susceptibles, le mieux est d'avoir recours à une macle naturelle ou artificielle formée par deux lames parallèles au plan de symétrie et assemblées suivant une face ou une arête de position connue. Si le plan des axes optiques est parallèle au plan de ces lames, la moitié de l'angle compris entre les directions symétriquement placées dans chacune d'elles, où elles manifestent l'extinction la plus complète, sera l'angle que l'une des bissectrices fait avec la face ou l'arête d'assemblage (*). La dispersion

---

(*) Cette mesure, qui peut être obtenue à l'aide de la plaque tournante et graduée du microscope polarisant éclairé par des rayons parallèles, est susceptible d'une plus grande exactitude si,

de cette bissectrice pour les différentes couleurs du spectre et pour des températures variables, si elle existe, pourra être constatée et mesurée en opérant à diverses températures avec des rayons simples, rouges, jaunes et bleus (*). Si c'est une des bissectrices qui est normale au plan de symétrie, l'observation de la macle donne immédiatement l'orientation du plan des axes optiques correspondant à chaque couleur du spectre, et permet par conséquent d'apprécier la grandeur des dispersions *horizontale* et *croisée* que ces axes peuvent offrir.

C. *Cristaux du système anorthique.*

Dans ces cristaux, aucune règle ne guide les essais pour trouver l'orientation des axes optiques et des bissectrices, et on ne peut y parvenir que par des tâtonnements qui sont naturellement dirigés tout d'abord par les lames de clivage quand il en existe.

Une fois l'orientation de la bissectrice *aiguë* établie, soit directement, soit par comparaison avec celle de la bissectrice obtuse, le moyen le plus simple pour reconnaître le signe ou la grandeur relative de l'indice principal qui y correspond, consiste dans l'emploi des lames prismatiques de quartz recommandées par Biot (**).

---

au lieu du microscope, on emploie deux prismes de Nicol croisés à angle droit et montés dans l'axe d'un support à jour faisant corps avec une alidade mobile autour d'un cercle divisé de 8 à 10 centimètres de diamètre, ou l'un des grands appareils de polarisation connus par les descriptions et les travaux de Biot et de M. D[illegible]

(*) On trouve assez facilement du verre rouge coloré par le cuivre, qui ne laisse sensiblement passer que la partie rouge correspondant à la raie B du spectre solaire; les rayons jaunes correspondant à la raie D sont donnés par une lampe à alcool dont la flamme entoure un globule de sel marin fondu; enfin, une dissolution de sulfate ou de nitrate de cuivre, saturée d'ammoniaque, fournit sous une épaisseur convenable des rayons bleus assez homogènes compris entre les raies E et H.

(**) Ces lames taillées en forme de coins très-effilés afin d'offrir des épaisseurs variables, doivent être prises dans un cristal de quartz parfaitement homogène (les cristaux du Brésil et de M[illegible]

On sait d'une part, que le quartz est positif, et d'autre part, que les courbes isochromatiques, produites par le passage de la lumière polarisée convergente à travers des plaques biréfringentes normales aux bissectrices, sont d'autant moins nombreuses et moins serrées que les plaques sont plus minces. Or supposons une plaque normale à la bissectrice *aiguë* d'un cristal biaxe quelconque, placée sur e microscope polarisant de manière à avoir le plan de ses axes optiques à 45 degrés du plan de polarisation. Suivant que ces axes sont plus ou moins écartés, que la plaque st plus ou moins épaisse et la substance plus ou moins iréfringente, il se produit, dans le champ du microscope, ne série de lemniscates entourant des portions d'anneaux lus ou moins développées, des courbes fermées en forme e 8, terminées aux deux extrémités par des anneaux vales plus ou moins nombreux, ou seulement des anneaux se rapprochant de la forme elliptique, traversés par es branches d'hyperbole voisines. Dans ce dernier cas, il ut presque toujours mieux ramener le plan des axes dans le an de polarisation pour réunir en croix les deux branches hyperbole, et traiter alors la plaque par une lame de mica, mme si elle était uniaxe. Dans les deux autres cas, si l'on t glisser doucement sous l'objectif du microscope et en commençant par le tranchant, une lame prismatique de quartz nt l'axe cristallographique soit dirigé, tantôt parallèlement, tantôt perpendiculairement au plan des axes optiques la plaque, on finit toujours par trouver une épaisseur (*)

---

ar sont les seuls qu'on puisse employer à cet usage); une de s faces est parallèle à l'axe principal cristallographique, l'autre avec celle-ci un angle d'environ 4 à 5 degrés.

) Il est rare qu'une seule lame de quartz suffise pour toutes les erches, et il est bon d'en avoir à sa disposition, une très-mince à 2 degrés d'ouverture et une ou deux épaisses d'un angle de 5 degrés qu'on peut superposer au besoin, pour être à même blir la compensation dans des plaques d'une épaisseur quelque et à double réfraction plus ou moins énergique.

pour laquelle les anneaux paraissent augmenter de diamètre et s'avancer des extrémités vers le centre, tandis que les lemniscates s'en éloignent. La compensation par le quartz produit donc un effet semblable à celui qui résulterait de l'amincissement de la substance biaxe. Par conséquent, lorsque pour faire marcher les anneaux vers le centre le mouvement de la lame prismatique a dû être dirigé *parallèlement* au plan des axes optiques, et par suite à la bissectrice *obtuse*, on doit admettre que cette bissectrice est de signe opposé à l'axe du quartz ou négative, tandis que la bissectrice *aiguë* est de même signe ou *positive*. Un mouvement perpendiculaire à la bissectrice obtuse conduit naturellement à une conclusion contraire et annonce une bissectrice aiguë *négative* (*).

Des effets analogues se produiraient sur une plaque normale à la bissectrice *obtuse*, quand même les courbes isochromatiques, d'abord complétement invisibles, ne se manifesteraient que sous l'action de la lame de quartz; lorsque le signe de la bissectrice obtuse sera connu, celui de la bissectrice *aiguë* s'en déduira immédiatement par opposition.

Considérons maintenant des cristaux qui offrent une forme limite ou des modifications insuffisantes pour déterminer leur système cristallin.

Un rhomboèdre assez voisin du cube, un octaèdre (métatungstate acide d'ammoniaque, acide silico-tungstique à 33 équivalents d'eau) ou un rhomboèdre basé (acide silico-tungstique à 26 équivalents d'eau, silico-tungstate bibarytique et bicalcique de Marignac) assez voisin

---

(*) Le même mode d'observation est évidemment applicable aux cristaux uniaxes dont on ne peut se procurer que des lames parallèles à l'axe; et suivant que cet axe doit être placé parallèlement ou perpendiculairement à celui du quartz, pour produire les hyperboles qui se manifestent dans ce cas comme autour de l'axe d'élasticité *moyenne* des cristaux biaxes, le cristal est *négatif* ou

l'octaèdre régulier pour qu'on ne puisse les en distinguer géométriquement, seront toujours caractérisés par la double réfraction à un axe.

Un prisme carré et un prisme rectangulaire sans modifications ou à modifications incomplètes se feront reconnaître par leur double réfraction uniaxe ou biaxe (*).

Un prisme rhomboïdal, ayant un angle à peine différent de 90 degrés (Wöhlérite), se distinguera d'un prisme vraiment rectangulaire par l'orientation du plan de ses axes optiques et de leurs bissectrices.

Enfin les prismes rhomboïdaux obliques seront différenciés des prismes rhomboïdaux droits par la dispersion des bissectrices aiguë et obtuse et par l'angle plus ou moins éloigné de 90 degrés que l'une d'elles fera avec l'axe cristallographique vertical.

Supposons, par exemple, qu'un cristal sans terminaisons listinctes offre une seule zone dont les faces soient susceptibles de former un ou plusieurs prismes rhomboïdaux, vec ou sans troncatures parallèles aux deux plans diagoaux; soumettons au microscope polarisant deux lames illées ou mieux clivées, si cela est possible, parallèlement ces deux plans; l'extinction maximum aura lieu, ou bien arallèlement à l'axe de la zone dans les deux lames, ou ien parallèlement dans l'une et obliquement dans l'autre. ans le premier cas, l'une des lames sera nécessairement

---

(*) La Pérowskite, dont M. de Kokscharow et moi avons décrit rtains cristaux noirs et opaques comme dérivant du cube, offre iez souvent des échantillons, transparents en lames minces, dont biréfringence se manifeste par deux systèmes symétriques d'anaux très-écartés et une dispersion des axes optiques des plus actéristiques. On est donc forcé d'admettre, ou que le minéral dimorphe, ou que ses cristaux, dont les modifications paraist semblables à des formes connues dans le système cubique, s cependant en offrir toute la symétrie, appartiennent en réalité n prisme rectangulaire droit (*Annales des Mines*, tom. XIV, iée 1858, p. 417).

normale à la bissectrice aiguë ou obtuse des axes optiques, et si en même temps la dispersion de ces axes, vue dans l'air ou dans l'huile, se rapporte à celle du prisme rhomboïdal droit (*fig.* 1, Pl. V), on pourra en conclure, sinon avec une certitude absolue, au moins avec toute probabilité, que le cristal appartient au système rhombique (enstatite, bronzite, hypersthène, anthophyllite, Sillimanite, téphroïte, Zoïsite, etc.). En effet, si on le considérait comme dérivant du système clinorhombique, il faudrait admettre une absence totale de dispersion *inclinée*, *horizontale* ou *croisée* dans les axes optiques et une coïncidence fortuite, pour toutes les couleurs du spectre, de l'une des bissectrices avec l'axe cristallographique vertical ou avec une normale à cet axe; car la coïncidence ou la non-coïncidence des deux lignes peut être appréciée avec une approximation d'un demi-degré environ dans une macle naturelle, et avec une exactitude moindre mais encore suffisante, dans une macle artificielle de deux lames parallèles au plan de symétrie; jamais pareille coïncidence, quoique théoriquement possible, n'a été observée jusqu'à ce jour (*); de plus, en supposant qu'elle eût lieu à la température ordinaire, il est presque certain qu'elle disparaîtrait toujours à une température suffisamment élevée, d'après ce qui a été dit plus haut sur la dispersion des bissectrices qui se produit dans les cristaux chauffés vers 100° ou 180°.

Dans le second cas, la lame où l'extinction maximum se fait obliquement à l'axe de la zone est parallèle au plan de symétrie du cristal, et si cette obliquité est bien con-

(*) Dans l'épidote, rapportée à un prisme rhomboïdal oblique de 69°56', la bissectrice *aiguë* des axes optiques, qui est négative, est presque parallèle à l'arête verticale du prisme. Il est pourtant facile de constater que ces deux lignes font entre elles un angle de 2°20' pour les rayons rouges et un angle de 1°16' pour les rayons bleus, d'où il résulte, dans la forme des anneaux et dans la disposition de leurs couleurs vues dans l'huile, une dissymétrie marquée.

soit par une mesure directe à l'aide d'une macle (pétalite), soit par l'observation d'un système d'anneaux excentré à travers la lame normale au plan de symétrie (diallage, amphiboles sans sommets, cummingtonite, etc.), on devra nécessairement regarder la forme cristalline comme clinorhombique (diallage, datholite, whitamite, pétalite, clinochlore, sulfate de fer, liroconite, etc.), quand même la dispersion *inclinée*, *horizontale* ou *croisée*, que peuvent présenter les axes optiques, ferait défaut dans les lames normales aux bissectrices.

Certains sels naturels (Carnallite de Stassfurth) ou rtificiels ne se présentent qu'en masses informes, quoique ristallisées. L'existence nettement accusée d'un des trois enres de dispersion que je viens de nommer, sera évi- emment suffisante pour établir que la forme cristalline de es sels est le prisme rhomboïdal oblique, mais son absence Carnallite) ne fournira qu'une très-grande probabilité en veur du prisme rhomboïdal droit (*).

Quant aux masses laminaires que des clivages impar- ts ou en nombre insuffisant permettent de rapporter in- féremment au prisme rhomboïdal oblique ou au prisme ıblement oblique, elles présentent, lorsqu'elles appar- ınent à ce dernier système, une dissymétrie qu'on ne rait méconnaître dans la direction du plan de leurs axes ques par rapport à celle de la base et des plans diago- x de la forme primitive, dans l'orientation des bissec- es comparée à celle des axes cristallographiques, et dans ispersion toute particulière de leurs axes optiques ré- ınt de la combinaison mutuelle des trois dispersions

---

Des cristaux artificiels de Carnallite (KCl + 2 MgCl) + 12 Aq, nt toute l'apparence de pyramides hexagonales régulières ont été décrits par M. Rammelsberg comme appartenant au ne rhomboédrique, m'ont offert dans l'orientation de leurs ptiques et de leurs bissectrices tous les caractères propres istaux du système rhombique.

inclinée*, *horizontale et ***croisée*** (amblygonite par exemple); il n'y aurait donc incertitude dans la détermination du système cristallin que si cette dispersion manquait complètement et si la forme primitive présumée étant une forme limite, il y avait une coïncidence accidentelle entre le plan des axes optiques et la base ou l'un des plans diagonaux de cette forme.

Examen de la structure intérieure des petits cristaux.

Les petits cristaux, dont la structure intérieure est gé-ralement regardée comme simple, ne le cèdent sou[illegible] rien aux plus gros sous le rapport de la complica[illegible] leurs macles ou de leurs enchevêtrements. Mais le [illegible] ordinairement ces enchevêtrements ne sont visibles [illegible] dans la lumière polarisée, et le meilleur moyen de les [illegible] dier consiste dans l'emploi, soit du microscope polaris[illegible] faible grossissement, éclairé par la lumière parallèle, s[illegible] d'un microscope ordinaire à grossissement plus ou [illegible] fort, muni de deux Nicols croisés, comme je l'ai [illegible] dans la note de la page 577. A l'aide de ces instrum[illegible] différentes parties qui constituent les macles ou [illegible] saïques intérieures enfermées dans le moule régulier [illegible] cristal, se révèlent par la diversité des teintes pl[illegible] dont elles se colorent si elles sont suffisamment minces [illegible] par les directions variées suivant lesquelles elles pr[illegible] sent l'extinction maximum de la lumière. C'est p[illegible] procédés de ce genre qu'on peut reconnaître la str[illegible] si complexe des cristaux de quartz dits ***hyacinthes*** de [illegible] postelle, celle des cristaux d'***alstonite***, celle des petits [illegible] taux de ***morvénite*** de Strontian en Écosse qui, au pr[illegible] aspect, paraissent être une variété d'harmotome ma[illegible] clée, celle des cristaux de la ***Prehnite*** de Farmington [illegible] la ***Breustérite*** d'Écosse, etc., etc. Il est également fa[illegible] s'assurer par ce moyen, que dans les macles et les hé[illegible]

pies les plus régulières quant aux contours extérieurs, l'assemblage se fait très-rarement par des surfaces planes comme le suppose la théorie des macles, mais qu'il a presque toujours lieu suivant des surfaces plus ou moins fortement ondulées. Lorsqu'on a opéré sur des groupements à axes à peu près parallèles de cristaux biaxes terminés par deux faces normales à la bissectrice *aiguë*, il suffit de substituer dans le microscope la lumière convergente à la lumière parallèle, pour déduire l'orientation des diverses parties composantes de celle que le plan des axes optiques occupe dans chacune d'elles (harmotome, Brewstérite, aragonite, whitérite, strontianite, alstonite, etc., etc.).

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SIXIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

CHIMIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

CONSTRUCTION ET CHEMINS DE FER.